

KAJIAN KEBERKESANAN OLAHAN LARUT LESAPAN  
MENGUNAKAN ELEKTROD ALUMINUM DAN FERUM DALAM  
SISTEM ELEKTRO-PENGGUMPALAN

IZAT BIN YAHAYA

Tesis ini dikemukakan sebagai  
memenuhi syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam



PTTAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar  
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

JUN 2013

## ABSTRAK

Elektro-penggumpalan merupakan satu kaedah alternatif yang kompetatif selain daripada kaedah konvensional bagi merawat air sisa terutamanya larut lesapan yang mempunyai struktur bahan pencemar yang kompleks dan tinggi. Kajian keberkesanan elektro-penggumpalan telahpun dijalankan bagi menentukan keberkesanan sistem ini beroperasi. Objektif utama kajian ini adalah bagi mengkaji keberkesanan dan potensi sistem beroperasi dengan menggunakan empat jenis susunan elektrod, Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+-\text{Al}^-$ ,  $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$  dan aluminum sulfat di samping penentuan nilai optimum ketumpatan arus elektrik, jarak antara elektrod, masa tindakbalas, pH, masa enapan dan aluminum sulfat. Penggunaan CILAS Analyzer digunakan bagi menentukan saiz flok di setiap penentuan optimum yang diperolehi. Sebanyak 750 liter sampel larut lesapan diambil pada awal bulan Disember 2010 - Januari 2011. Pengujian awalan BOD, COD, pepejal terampai, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan turut diuji terhadap sampel mentah yang diperolehi. Reaktor kaca bersaiz 300mm x 80mm x 200mm (4 L sampel) dengan luas berkesan elektrod penggumpal,  $60 \text{ cm}^2$  digunakan di samping ujian penyingkiran parameter seperti COD, pepejal terampai, nitrogen ammonia warna dan kekeruhan turut diuji di dalam kajian ini. Hasil keseluruhan kajian mendapati bahawa penggunaan elektrod Al-Al memberikan peratus penyingkiran tertinggi di mana penentuan optimum yang diperolehi bagi ketumpatan arus elektrik adalah  $0.025 \text{ amp/cm}^2$ , jarak antara elektrod, 10 cm, masa tindakbalas, 60 minit, pH 5 dan masa enapan, 30 minit. Peratus penyingkiran yang diperolehi bagi COD, pepejal terampai, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan adalah 82.5%, 94.7%, 65.6%, 91% and 90.6%. Percampuran aluminum sulfat terhadap penggunaan elektrod Al-Al memberikan dos optimum sebanyak 1500 mg/l di mana penyingkiran tertinggi yang diperolehi bagi COD, pepejal terampai, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan adalah 84.2%, 81%, 80.3%, 75% and 81.1%. Kesimpulannya, penggunaan elektrod Al-Al dicadangkan, di mana sedikit pra olahan perlu dilakukan bagi menepati piawaian yang dibenarkan oleh Standard Malaysia bagi tahap lepasan larut lesapan.

**Katakunci:** air sisa domestik; Elektro-penggumpalan; larut lesapan

## ABSTRACT

Electrocoagulation emerged as one the competitive alternative method of the conventional system for treating domestic wastewater (DWW) including leachate which mainly consist a highly complex structure of pollutant. This is due to the system compactness as well as very small land area requirement. However, the used of electrodes for electrolysis process to take place need to be investigated. Therefore, the main objective of this study was to investigate the effectiveness and potential of electrocoagulation system using anode-cathode electrodes, Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+-\text{Al}^-$ ,  $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$  and aluminum sulphate to increase the efficiency of treatment. Furthermore, the optimum current density, distance between electrodes, reaction time, pH, settling time and aluminum sulfate dosage have been conducted. After optimization study, the floc sizes from each reactor were determined using CILAS Analyzer. In this experimental study, approximately 750 litres raw leachate sample have been collected from Seelong Sanitary Landfill in December 2010 - January 2011. Raw leachate sample has been characterized for BOD, COD, SS,  $\text{NH}_3$ , color and turbidity. A glass of reactor, 300mm x 80mm x 200mm (4 L sample) equipped with single pairing of electrodes with 60  $\text{cm}^2$  active surface area has been setup. The effectiveness of the system on removing COD, SS,  $\text{NH}_3$ , color and turbidity has been monitored throughout of the study. Results from this study show that the electrocoagulation system using Al-Al electrodes appear as the most promising system in removing pollutants at the optimum condition of current density, 0.025  $\text{amp}/\text{cm}^2$ , distance between electrodes, 10 cm, reaction time, 60 minutes, pH 5 and settling time, 30 minutes. The percentage removal of COD, SS,  $\text{NH}_3$ , color and turbidity were 82.5%, 94.7%, 65.6%, 91% and 90.6%, respectively. Meanwhile, using Al-Al electrodes adding with aluminum sulphate gives the constancy determination for the optimum dosage at 1500 mg/l with the percentage removal of COD, SS,  $\text{NH}_3$ , color and turbidity at 84.2%, 81%, 80.3%, 75% and 81.1%. In conclusion, it is recommended that the system with Al-Al as an electrode should in-couple with pre-treatment to produce a better effluent quality in order to comply with a stricter Malaysia Standard of leachate discharge.

**Keywords:** *Ferum; Aluminum; electrocoagulation; leachate*

## KANDUNGAN

<b>JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>PENGAKUAN</b>	<b>ii</b>
<b>DEDIKASI</b>	<b>iii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>KANDUNGAN</b>	<b>vii</b>
<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>xiii</b>
<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>xiv</b>
<b>SENARAI SIMBOL/SINGKATAN/ TATANAMA/ISTILAH</b>	<b>xx</b>
<b>BAB 1      PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.0      Pengenalan	1
1.1      Pernyataan masaalah	4
1.2      Kepentingan Kajian	7
1.3      Objektif Kajian	9
1.4      Skop Kajian	9

## **BAB 2                      KAJIAN LITERATUR                      11**

2.0	Pengenalan	11
2.1	Pengurusan sisa pepejal	12
2.2	Pelupusan sisa pepejal	13
2.3	Tapak pelupusan sanitari	15
2.4	Larut lesapan	17
2.5	Komposisi larut lesapan	18
2.6	Kandungan larut lesapan	20
2.6.1	Kandungan organik	21
2.6.2	Kandungan bukan organik	22
2.7	Pengaruh kualiti larut lesapan	24
2.7.1	Kandungan lembapan	24
2.7.2	Komposisi sisa pepejal	25
2.7.3	Suhu persekitaran	25
2.7.4	Kandungan oksigen	26
2.7.5	Usia tapak kambus tanah	26
2.8	Pengawalan lepasan larut lesapan	27
2.8.1	Olahan biologi	28
2.8.1.1	Lagun berudara	29
2.8.1.2	Proses enap cemar teraktif	30
2.8.1.3	Reaktor berkelompok berjujukan (SBR)	30
2.8.2	Olahan fizikal	31
2.8.2.1	Penjerapan	31
2.8.2.2	Perlucutan ammonia	33
2.8.3	Olahan kimia	33
2.8.3.1	Pengoksidaan kimia	34
2.8.3.2	Penggumpalan dan pengelompokan	35
2.9	Elektro-penggumpalan	37
2.10	Piawaian Kualiti Efluen Larut Lesapan	41
2.11	Keberkesanan proses elektro-penggumpalan	41



<b>BAB 3</b>	<b>KAJIAN METODOLOGI</b>	<b>46</b>
3.0	Pengenalan	46
3.1	Tapak kajian pelupusan sisa pepejal	48
3.2	Pengambilan dan penyimpanan sampel	51
3.3	Sistem elektro-pengumpalan	51
3.3.1	Peralatan dan Analisis	52
3.3.2	Reagen/Bahan Kimia	53
3.4	Penentuan optimum	53
3.4.1	Penentuan nilai optimum ketumpatan arus elektrik	55
3.4.2	Penentuan jarak optimum diantara elektrod	55
3.4.3	Penentuan masa optimum tindakbalas	56
3.4.4	Penentuan pH optimum	56
3.4.5	Penentuan Masa Enapan	57
3.4.6	Penentuan percampuran aluminium sulfat (mg/l) optimum	57
3.4.7	Penentuan saiz flok	57
3.5	Prosedur analisis	58
3.5.1	Analisis pH (kaedah APHA 2540 D)	58
3.5.2	Warna (Kaedah HACH: Kaedah Standard Platinum Kobalt, berdasarkan APHA 2120 C)	58
3.5.3	Keperluan Oksigen Kimia (COD) (Kaedah APHA 5220 B)	59
3.5.4	Kekeruhan (Kaedah Radiasi - Kaedah 8237)	59
3.5.5	Pepejal Terampai (Kaedah Standard 2540D)	59
3.5.6	Nitrogen ammonia (APHA 4500 NH <sub>3</sub> B)	60



PTTA  
PERPUSTAKAAN TUN TUN AMINAH

<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS DAN PERBINCANGAN</b>	<b>61</b>
4.0	Pengenalan	61
4.1	Ciri-ciri larut lesapan mentah	61
4.2	Olahan sistem elektro-pengumpalan	63
4.2.1	Olahan elektro-pengumpalan menggunakan elektrod Fe-Fe	64
4.2.1.1	Penentuan ketumpatan arus elektrik optimum	64
4.2.1.2	Penentuan jarak optimum	65
4.2.1.3	Penentuan masa tindakbalas Optimum	66
4.2.1.4	Penentuan pH optimum	67
4.2.1.5	Penentuan masa enapan optimum	69
4.2.1.6	Penentuan saiz partikel terhadap olahan elektro-pengumpalan menggunakan elektrod Fe-Fe	70
4.2.2	Olahan elektro-pengumpalan menggunakan elektrod Al-Al	71
4.2.2.1	Penentuan ketumpatan arus elektrik optimum	71
4.2.2.2	Penentuan Jarak Optimum	73
4.2.2.3	Penentuan masa tindakbalas Optimum	74
4.2.2.4	Penentuan pH optimum	75
4.2.2.5	Penentuan Masa Enapan Optimum	76
4.2.2.6	Analisis saiz partikel terhadap olahan elektro-pengumpalan menggunakan elektrod Al-Al	77
4.2.3	Olahan Elektro-pengumpalan menggunakan elektrod $\text{Fe}^{+}$ - $\text{Al}^{-}$	78
4.2.3.1	Penentuan ketumpatan arus elektrik optimum	78
4.2.3.2	Penentuan jarak optimum	79



4.2.3.3 Penentuan masa tindakbalas optimum	80
4.2.3.4 Penentuan pH optimum	81
4.2.3.5 Penentuan masa enapan optimum	82
4.2.3.6 Analisis saiz partikel terhadap olahan elektro-pengumpalan menggunakan elektrod $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$	84
4.2.4 Olahan elektro-pengumpalan menggunakan elektrod $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$	85
4.2.4.1 Penentuan ketumpatan arus elektrik optimum	85
4.2.4.2 Penentuan jarak optimum	86
4.2.4.3 Penentuan masa tindakbalas optimum	88
4.2.4.4 Penentuan pH optimum	89
4.2.4.5 Penentuan masa enapan optimum	90
4.2.4.6 Analisis saiz partikel terhadap olahan elektro-pengumpalan menggunakan elektrod $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$	91
4.2.5 Penentuan dos percampuran aluminum sulfat (mg/l) optimum	92
4.2.5.1 Penentuan dos percampuran aluminum sulfat (mg/l) optimum menggunakan Fe-Fe	93
4.2.5.2 Penentuan dos percampuran aluminum sulfat (mg/l) optimum menggunakan Al-Al	95
4.2.5.3 Penentuan dos percampuran aluminum sulfat (mg/l) optimum menggunakan $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$	96
4.2.5.4 Penentuan dos percampuran aluminum sulfat (mg/l) optimum menggunakan $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$	98
4.2.5.5 Analisis saiz partikel terhadap olahan	99





	elektro-pengumpalan menggunakan dos aluminum sulfat (mg/l) optimum	
4.2.6	Analisis pengaruh elektrod penggumpal terhadap parameter penyingkiran	100
4.2.6.1	Pengaruh ketumpatan arus elektrik terhadap parameter larut lesapan	101
4.2.6.2	Pengaruh jarak antara elektrod terhadap parameter larut lesapan	106
4.2.6.3	Pengaruh masa tindakbalas terhadap parameter larut lesapan	112
4.2.6.4	Pengaruh pH terhadap parameter larut lesapan	118
4.2.6.5	Pengaruh masa enapan terhadap parameter larut lesapan	124
4.2.6.6	Pengaruh campuran dos aluminum sulfat terhadap parameter larut lesapan	130
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>137</b>
5.0	Pengenalan	137
5.1	Kesimpulan	137
5.2	Cadangan kajian masa hadapan	140
<b>RUJUKAN</b>		<b>142</b>

## **LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

**LAMPIRAN D**

**LAMPIRAN E**

## SENARAI JADUAL

1.1	Pengelasan komposisi larut lesapan yang terjana dalam tempoh dua puluh tahun	5
2.1	Empat jenis tapak pelupusan kambus tanah di Malaysia	16
2.2	Komposisi air larut lesap untuk tapak pelupusan baru dan matang	19
2.3	Kandungan parameter dalam air larut lesap	21
2.3.1	Kepekatan logam berat dalam air larut lesap untuk tapak pelupusan	23
4.1	Ciri-ciri kepekatan parameter larut lesapan mentah menggunakan ujian makmal	62
4.2	Analisis penentuan saiz partikel, Fe-Fe	71
4.3	Analisis penentuan saiz partikel, Al-Al	77
4.4	Analisis penentuan saiz partikel, $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$	85
4.5	Analisis penentuan saiz partikel, $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$	92
4.6	Analisis penentuan saiz partikel, Dos Optimum	100
4.7	Ringkasan Analisis dan Perbincangan	135



## SENARAI RAJAH

2.1	Prinsipal proses elektro-pengumpulan	39
3.1	Carta Alir Olahan elektro-penggumpalan	47
3.2	Pelan Lokasi Tapak Pelupusan Sanitari Seelong, Skudai, Johor,	48
3.3	Keratan rentas tapak pelupusan kambus tanah Seelong	49
3.4	Loji Olahan Larut Lesapan Tapak Sanitari Seelong, Skudai, Johor	50
3.5	Rajah skematik proses elektro-pengumpulan menggunakan aluminum/ferum elektrod	52
3.6	Penentuan optimum proses elektro-penggumpalan	54
4.1	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum menggunakan elektrod Fe-Fe	65
4.2	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan jarak antara elektrod optimum menggunakan elektrod Fe-Fe	66
4.3	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa tindakbalas optimum menggunakan elektrod Fe-Fe	67
4.4	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan pH optimum menggunakan elektrod Fe-Fe	68
4.5	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa enapan optimum menggunakan elektrod Fe-Fe	70
4.6	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum menggunakan elektrod Al-Al	72
4.7	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan jarak antara elektrod	73

	optimum menggunakan elektrod Al-Al	
4.8	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa tindakbalas optimum menggunakan elektrod Al-Al	74
4.9	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan pH optimum menggunakan elektrod Al-Al	75
4.10	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa enapan optimum menggunakan elektrod Al-Al	76
4.11	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum menggunakan elektrod $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$	76
4.12	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan jarak antara elektrod optimum menggunakan elektrod $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$	80
4.13	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa tindakbalas optimum menggunakan elektrod $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$	81
4.14	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan pH optimum menggunakan elektrod $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$	82
4.15	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa enapan optimum menggunakan elektrod $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$	83
4.16	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum menggunakan elektrod $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$	86
4.17	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan jarak antara elektrod optimum menggunakan elektrod $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$	87
4.18	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa tindakbalas optimum menggunakan elektrod $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$	88

4.19	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan pH optimum menggunakan elektrod $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$	89
4.20	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan masa enapan optimum menggunakan elektrod $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$	90
4.21	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan dos optimum menggunakan elektrod Fe-Fe	94
4.22	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan dos optimum menggunakan elektrod Al-Al	96
4.21	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan dos optimum menggunakan elektrod $\text{Fe}^+-\text{Al}^-$	97
4.22	Peratus penyingkiran warna, kekeruhan, pepejal terampai, nitrogen ammonia dan COD bagi penentuan dos optimum menggunakan elektrod $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$	99
4.23	Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+-\text{Al}^-$ dan $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$	102
4.24	Peratus penyingkiran kekeruhan, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+-\text{Al}^-$ dan $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$	102
4.25	Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+-\text{Al}^-$ dan $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$	105
4.26	Peratus penyingkiran nitrogen ammonia, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+-\text{Al}^-$ dan $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$	105
4.27	Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+-\text{Al}^-$ dan $\text{Al}^+-\text{Fe}^-$	106
4.28	Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan jarak antara	108



- elektrod dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$
- 4.29 Peratus penyingkiran kekeruhan, terhadap penentuan jarak antara elektrod dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  108
- 4.30 Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap penentuan jarak antara elektrod dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  111
- 4.31 Peratus penyingkiran nitrogen ammonia, terhadap penentuan jarak antara elektrod dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  111
- 4.32 Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan jarak antara elektrod dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  111
- 4.33 Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  114
- 4.34 Peratus penyingkiran kekeruhan, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  115
- 4.35 Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  115
- 4.36 Peratus penyingkiran nitrogen ammonia, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  117
- 4.37 Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  118
- 4.38 Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan pH dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  120
- 4.39 Peratus penyingkiran kekeruhan, terhadap penentuan pH dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  121
- 4.40 Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap penentuan pH dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+ - \text{Al}^-$  dan  $\text{Al}^+ - \text{Fe}^-$  121
- 4.41 Peratus penyingkiran nitrogen ammonia, terhadap penentuan 123



PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

	pH dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	
4.42	Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan pH dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	124
4.43	Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan masa enapan dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	126
4.44	Peratus penyingkiran kekeruhana, terhadap penentuan masa enapan dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	126
4.45	Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap penentuan masa enapan dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	127
4.46	Peratus penyingkiran nitrogen ammonia, terhadap penentuan masa enapan dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	129
4.47	Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan masa enapan dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	129
4.48	Peratus penyingkiran warna, terhadap penentuan campuran dos aluminum sulfat dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	133
4.49	Peratus penyingkiran kekeruhan, terhadap penentuan campuran dos aluminum sulfat dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	133
4.50	Peratus penyingkiran pepejal terampai, terhadap penentuan campuran dos aluminum sulfat dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	134
4.51	Peratus penyingkiran nitrogen ammonia, terhadap penentuan campuran dos aluminum sulfat dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	134
4.52	Peratus penyingkiran COD, terhadap penentuan campuran dos aluminum sulfat dengan menggunakan elektrod Fe-Fe, Al-Al, $\text{Fe}^+\text{-Al}^-$ dan $\text{Al}^+\text{-Fe}^-$	135

## SENARAI SIMBOL/SINGKATAN/TATANAMA/ISTILAH

Amp	Ampere
BOD	Permintaan Oksigen Biokimia
COD	Permintaan Oksigen Kimia
Cu	Kuprum
DC	Arus Terus (Direct Current)
DWW	Domestic Wastewater
<i>in situ</i>	Di tapak
EC	Elektro-pengumpalan
High Range	Raegen Pencena Tinggi
Leachate	Larut lesapan
$\mu\text{m}$	Mikro Unit
$\text{NH}_3$	Nitrogen Ammonia
NTU	Unit Kekeruhan Neftelometrik
PSA	Penganalisis Saiz Partikel (Particle Size Analyzer)
Pb	Plumbum
PtCo	Platinum – Cobalt
Rpm	Rotation per minute
SS	Pepejal Terampai (Suspended Solid)
sm	sentimeter
SWM	Southern Waste Management
TDS	Jumlah Pepejal Terlarut
TSS	Jumlah Pepejal Terampai
UTHM	Universiti Tun Hussein On Malaysia
V	Voltan
VDS	Pengewapan Pepejal Terlarut
VSS	Pengewapan Pepejal Terampai
WHO	Organisasi Kesihatan Dunia (World Health Organization)
WQI	Water Quality Index
Zn	Zink



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.0 Pengenalan**

Sisa pepejal merupakan sisa buangan yang berasal daripada sampah sarap serta bahan buangan yang tidak lagi digunakan serta bakal dikitar semula mahupun dilupuskan. Ia merupakan salah satu “hasil” sumbangan penduduk negara ini yang berjumlah kira-kira 28 juta orang ketika ini. Sumbangan tersebut membabitkan 30,000 tan sampah yang dibuang oleh isi rumah seharian atau dengan lebih tepat lagi 10.95 juta tan sampah setahun (Lee, 2011). Jumlah yang dihasilkan itu juga bersamaan dengan meletakkan sebanyak 30,000 lori berkapasiti satu tan di sepanjang jalan raya sepanjang 90km selama setahun. Boleh disimpulkan juga jika sampah sarap ini dikumpul, dalam tempoh lima hari sahaja ianya dapat menutupi keseluruhan negeri Indra kayangan iaitu Perlis (Perbadanan Pengurusan Sisa Pepejal dan Pembersihan Awam Malaysia, 2011).

Pertambahan isi rumah merupakan faktor utama peningkatan sisi pepejal tersebut selain daripada peningkatan populasi, perkembangan ekonomi dan juga peningkatan taraf hidup sesebuah keluarga. Terdapat statistik yang dikeluarkan oleh Perbadanan Pengurusan Sisa Pepejal dan Pembersihan awam menunjukkan bahawa pada tahun 2008 sahaja bilangan sampah domestik bagi kawasan Kuala Lumpur dan Selangor meningkat dari 1,841,372 ke 1,919,529 juta tan metrik pada tahun berikutnya. Peningkatan mendadak ini membuktikan lagi bahawa peningkatan akan sentiasa berterusan disamping kedatangan

pendatang asing ke negara ini yang hampir mencecah tiga juta orang. Penjanaan sisa pepejal mempunyai hubungan rapat dengan kadar pertumbuhan ekonomi bagi negara-negara yang telah membangun mahupun yang melalui proses pembangunan. Ini kerana generasi sisa pepejal akan sentiasa melalui proses transformasi serta hasil daripada penjanaan sisa-sisa pepejal tersebut akan mengakibatkan berlakunya pencemaran.

Sebagai contohnya bagi negara yang berpendapatan tinggi, sisa pepejal yang dijana adalah diantara 1.5 ke 2.0 kg/kapita/ hari. Sisa yang dijana juga amatlah besar termasuk sisa yang datangnya daripada sisa perindustrian contohnya perkilangan, domestik, komersial dan juga sisa yang datangnya daripada kenderaan. Bagi negara yang pesat membangun ataupun sedang melalui proses pembangunan penjanaan sisa adalah di dalam lingkungan 0.75 ke 1.0 kg/kapita/hari. Sisa-sisa tersebut kebanyakannya berpunca daripada industri pembangunan dan perobohan. Oleh yang demikian penjanaan berterusan sisa pepejal ini akan memberi lebih lagi tekanan kepada tapak pelupusan yang sedia ada dimana sebahagian besar daripada kawasan tapak pelupusan telahpun dikelaskan sebagai tapak pelupusan bukan sanitari atau tapak pelupusan pembuangan terbuka (Chenayah ; Takeda, 2005). Kegagalan di dalam menguruskan sisa pepejal akan menyebabkan masalah lain akan timbul iaitu seperti masalah bau dan juga pencemaran air bumi dan permukaan. Oleh yang demikian pengurusan sisa pepejal yang bersepadu haruslah dilakukan agar supaya masalah-masalah tersebut dapat diatasi. Pelupusan sisa pepejal telahpun menjalani tranformasi serta penambahbaikan iaitu daripada pelupusan secara tanam dan timbus ke '*well engineered landfillings*'. Terdapat dua jenis kaedah tapak pelupusan sampah iaitu '*attenuate and disperse sites*' dan '*containment sites*' (Kelly, 1998). '*Attenuate and disperse sites*' adalah cara pelupusan secara tradisional yang sering digunakan pada masa dahulu. Ia merupakan kaedah pelupusan sisa pepejal yang paling ekonomi (Rodrigues, 2004) di mana hasil daripada pelupusan tersebut dapat diperolehi dengan aktiviti pereputan. Selain itu sistem ini merupakan sistem yang menitik beratkan pengawalan aliran dan juga penyebaran larut lesapan ke sistem perparitan yang sedia ada. Sistem pelupusan ini tidak lagi sesuai digunapakai pada masa kini kerana pengawalan larut lesapan yang tidak dapat dikawal serta boleh menyebabkan pencemaran yang teruk terhadap ekosistem yang sediaada. Selain daripada tidak memenuhi piawaian

kesatuan eropah. Bagi kaedah kedua adalah dengan menggunakan sistem '*containment sites*'. Kaedah ini merupakan kaedah pengawalan sisa pepejal dengan secara mengurung di mana sisa pelupusan yang dikambus tanah akan dikurung secara berlapis. Sistem ini juga dilengkapi dengan system pengudaraan yang cukup serta sistem perparitan yang efisien agar larut lesapan dan gas berbahaya yang dilepaskan mematuhi piawaian Jabatan Alam Sekitar dan Perbadanan Pengurusan Sisa Pepejal dan Pembersihan Awam Malaysia. Sisa pepejal yang dilupuskan di tapak pelupusan akan melalui beberapa proses olahan penguraian di mana hasilnya akan membentuk cecair berwarna coklat kehitaman yang dinamakan larut lesapan.

Larut lesapan dalam erti kata lain merupakan sejenis cecair yang keluar mengalir melepasi sisa pepejal di tapak pelupusan serta dikategorikan sebagai salah satu cecair yang sangat berbahaya serta memudaratkan kesihatan manusia, jika ia dilepaskan ke sistem saliran sedia ada tanpa pengawalan. Ianya mengandungi bahan pencemar organik serta bukan organik, logam berat, koloid, pepejal terlarut serta pelbagai jenis patogen yang boleh mencemarkan air bumi dan air permukaan (Poznyak, 2008; Vesilind, 2002) serta selalunya sangat sukar untuk dirawat disebabkan kepelbagaian komposisi larut lesap itu sendiri yang sangat kompleks (Labanowski, 2010). Tapak pelupusan yang dibina selalunya akan mengutamakan jangka hayat yang panjang dimana pelepasan larut lesapan akan sentiasa dialirkan walaupun setelah tapak pelupusan itu sendiri ditutup.

Oleh yang demikian, pengurusan yang efisien dan cekap akan mengurangkan serta mempercepatkan proses penstabilan larut lesapan bagi mengurangkan impak kepada persekitaran (Pohland, 1985). Tumpuan serta perhatian yang khusus terhadap rawatan larut lesapan adalah perlu bagi meningkatkan mutu kualiti air supaya ianya tidak memberi kesan kepada pencemaran bumi, ekuifir dan air permukaan (Kreith, 1994). Oleh yang demikian pemahaman yang mendalam tentang komposisi larut lesap itu sendiri adalah sangat mustahak di dalam menambah baik terhadap sistem yang sedia ada.

## 1.1 Pernyataan masalah

Malaysia merupakan sebuah negara yang dikategorikan sebagai negara pesat membangun. Dengan kepadatan penduduk dan kepesatan ekonomi, ianya tidak boleh lari daripada mengalami krisis pengurusan sisa pepejal yang cekap. Terdapat 290 tapak pelupusan sampah yang telahpun didaftarkan daripada pelbagai keluasan serta umur dengan sebahagian kecilnya adalah tapak pelupusan sanitari yang mesra alam. Daripada jumlah itu, hanya 176 tapak pelupusan sampah masih aktif dan hanya 7 daripada jumlah keseluruhan tapak pelupusan tersebut merupakan tapak pelupusan sanitari (Syed Azwan, 2010). Adalah dianggarkan terdapat lebih daripada tiga kaliganda tapak pelupusan haram yang tumbuh bagaikan cendawan setahun (Agamuthu, 2001). Ini adalah disebabkan kerana hasil daripada pertumbuhan ekonomi serta kepesatan pembangunan yang menuntut agar segala sisa yang hadir daripada industri pembangunan dan komersial haruslah dilupuskan tanpa menjejaskan persekitaran. Akibat daripada kurangnya tapak pelupusan, maka sisa-sisa tersebut ditanam atau dibuang secara haram. Kebanyakan tapak pelupusan yang ada tidak boleh dikelasifikasikan sebagai tapak pelupusan sanitari. Ianya disebabkan kurangnya kemudahan rawatan larut lesapan itu sendiri dan juga kekurangan kemudahan jadual kutipan sisa pepejal. Selain itu pengawalan pelepasan gas-gas berbahaya juga hampir tiada di tapak pelupusan haram. Terdapat hanya beberapa sahaja tapak pelupusan sanitari yang menyediakan kemudahan rawatan larut lesapan dan pengawalan gas (Agamuthu, 2001). Ini adalah disebabkan faktor ekonomi serta kurangnya kesedaran tentang alam sekitar.

Larut lesapan mengandungi pelbagai jenis bahan pencemar, bakteria, logam berat, bahan kimia, bahan pencemar organik dan juga bukan organik, pepejal terlarut serta patogen-patogen yang berpotensi mencemarkan kualiti air bumi dan air permukaan (Puznyak et al., 2008; Vesilind et al., 2002; Kreith, 1994). Faktor komposisi yang berbeza-beza membuatkan ianya sangat sukar untuk dirawat serta memerlukan pelbagai kaedah bagi meningkatkan semula mutu kualiti air sebelum ianya benar-benar boleh dilepaskan ke sungai. Hasil proses penguraian sisa pepejal di dalam larut lesap yang mengandungi kepekatan COD, BOD, nitrogen ammonia serta logam berat seperti tembaga, zink,

cadmium dan merkuri yang tinggi ( Jokela, 2002; Tyrell , 2002; Kang et al.,2002; Wang et al.,2002; Chen,1996). Komposisi larut lesapan daripada tapak pelupusan sanitari yang berbeza menunjukkan variasi yang luas (Chian; DeWalle, 1976). Amnya, tiga fasa penguraian komposisi larut lesapan terjadi dalam tempoh dua puluh tahun ditunjukkan dalam Jadual 1.1.

Jadual 1.1: Pengelasan komposisi larut lesapan yang terjana dalam tempoh dua puluh tahun ( Blazquez 1988)

<b>Jenis Larut Lesapan</b>	<b>Muda</b>	<b>Pertengahan</b>	<b>Matang</b>
Tapak Pelupusan (Tahun)	<5	5-10	>10
pH	<6.5	7	>7.5
COD g L <sup>-1</sup>	>20	13-15	<2
BOD/COD	>0.3	0.1-0.3	<0.1
TOC/COD	0.3	-	0.4
Bahan Organik	70-90%	20-30%	>10%
Nitrogen	100-2000 mg L <sup>-1</sup>		
Besi g L <sup>-1</sup>	2	<2	<2

Pengurusan serta rawatan yang sempurna bagi larut lesapan amatlah penting di dalam menjaga ekosistem bumi terutamanya bagi tapak pelupusan yang mempunyai tanah yang telap air, tiada lapisan pengalas serta sering mengalami kegagalan pada lapisan pengalas ( Raymond, 2006; Tatsi et al.,2003). Mengikut kajian yang dijalankan, didapati bahawa 71.4% masalah yang sering dihadapi oleh pihak berkuasa tempatan adalah berkaitan dengan masalah pencemaran air bumi manakala hampir 57.2% berhadapan dengan situasi tentang pengurusan larut lesapan (Chow,1999). Daripada kajian tersebut boleh dinyatakan bahawa hampir separuh daripada masalah pencemaran yang dihadapi oleh pihak berkuasa tempatan adalah mengenai larut lesapan. Ianya terjana hasil daripada resapan air yang berpunca daripada sisa pepejal dimana kualiti larut lesapan itu sendiri berubah-ubah mengikut keadaan tapak pelupusan sanitari itu sendiri. Kecekapan pengolahan larut lesapan adalah bergantung kepada pemilihan kaedah-kaedah olahan biologi, fizikal-kimia yang tepat dan bersesuaian (Tatsi et al., 2003; Copa et al., 1995; Forgie, 1998).

Banyak faktor yang perlu diambil kira di dalam pengolahan serta rawatan larut lesapanan itu sendiri. Ini dapat dibuktikan dengan mengambil kira tentang rekabentuk yang akan dibina, faktor umur dan hayat sesuatu kawasan tapak pelupusan serta keadaan persekitaran agar tidak mencemarkan semula keadaan ekosistem sekeliling. Pengolahan larut lesapan memerlukan kos rawatan yang sangat tinggi serta banyak faktor komposisi yang perlu dititik beratkan terutama bagi larut lesapan yang mempunyai kadar kepekatan pencemaran yang tinggi (Ozturk et al., 2003; Ozturk dan Bektas, 2004). Bagi tapak pelupusan sanitari yang baru, lebih mudah dirawat berbanding dengan tapak pelupusan yang melepaskan larut lesapan yang matang (Kargi dan Pamukoglu, 2004a). Bagi larut lesapan yang mempunyai kandungan organik dan kepekatan asid lemak yang tinggi olahan yang sesuai digunapakai ialah dengan menggunakan kaedah biologi (Trebouet et al., 2001; Rodriguez et al., 2004). Kebanyakannya boleh didapati pada tapak pelupusan sanitari muda ataupun baru iaitu kurang daripada lima tahun beroperasi (Kargi et al., 2004b; Blazquez et al., 1998). Bagi larut lesapan yang mengandungi kandungan asid lemak yang rendah kaedah yang paling sesuai digunapakai adalah olahan fizikal-kimia (Baghci, 1990). Kaedah ini sesuai kerana kehadiran logam-logam berat di dalam larut lesapanan akan merencatkan pengolahan secara biologi dimana kecekapan mikroorganisma akan terhalang. Oleh yang demikian kaedah fizikal iaitu pra-olahan diperlukan terlebih dahulu bagi menguraikan serta mengurangkan kadar kepekatan logam berat sebelum kaedah biologi dilaksanakan (McBean et al., 1995).

Kaedah pengolahan yang paling kerap digunapakai adalah melalui kaedah fizikal-kimia. Ini dapat dibuktikan dengan penggunaan kaedah penggumpalan dan pengelompokan (Zouboulis et al., 2004; Tatsi et al., 2003; Amokrane et al., 1997), pengozonan (Naoyuku et al., 2008), pemendakan kimia (Nathalie et al., 2006; Li et al., 1999), penapisan ultra (Lina et al., 2007) serta osmosis balikan (Thomas, 1998). Bagi proses penggumpalan dan pengelompokan, ianya sangat mudah dan ringkas. Keberkesanan proses ini boleh mencapai ke tahap 90% keatas (Zawawi et al., 2007a; Tatsi et al., 2003; Amokrane et al., 1997). Ianya sangat berkesan terhadap penyingkiran pepejal terampai, koloid, warna, COD, nitrogen ammonia serta peningkatan tahap pH air itu sendiri (Zawawi et al., 2007a;



Zawawi et al., 2006b). secara umumnya kaedah fizikal-kimia dan biologi adalah amat bersesuaian di dalam merawat larut lesapan agar kualiti air yang dilepaskan ke sungai-sungai mencapai piawaian yang ditetapkan oleh Jabatan Alam Sekitar Malaysia dibawah Akta Kualiti Alam Sekeliling, 1974.

## 1.2 Kepentingan kajian

Pengurusan sisa pepejal yang mampan adalah amat mustahak bagi menjamin ekosistem serta mutu alam sekitar di negara ini. Dengan kepesatan pembangunan serta ekonomi Malaysia yang memberangsangkan iaitu tumbuh pada kadar 2.1% setahun (Agamuthu, 2001) selain daripada mewujudkan negara berpendapatan tinggi, maka secara tidak langsung akan mewujudkan peningkatan kadar penjanaaan sisa pepejal sebanyak 10.95 juta tan sampah setahun (Lee, 2011). Walaubagaimanapun pemilihan tapak pelupusan serta kaedah pembawaan sisa pepejal ke tapak pelupusan sanitari masih menjadi agenda utama. Dengan peningkatan kos yang semakin meningkat, kaedah kambus tanah menjadi pilihan kerana ianya murah, cepat serta mudah dibina. Peningkatan dari segi kos serta penjanaaan sisa pepejal dari 0.5 hingga 0.8 kg/orang /hari kepada 1 hingga 1.7 kg/orang /hari menjadikan (Kathirvale et al., 2003; Agamuthu, 2001) menjadikan kaedah ini semakin popular di negara ini dengan wujudnya tapak-tapak pelupusan haram yang semakin berleluasa dibina (Agamuthu, 2001). Sudah semestinya tidak dapat dipertikaikan lagi bahawa kegagalan dari segi pengawalan larut lesapan menjadi agenda utama terhadap tapak-tapak pelupusan haram tersebut. Gabungan fizikal, kimia serta biologi akan membantu pencemaran ekosistem air bawah tanah serta permukaan yang teruk dimana ianya turut membantu kearah peningkatan kos apabila ingin dirawat kelak. Pihak-pihak berkuasa tempatan haruslah memantau serta mengenakan denda yang tinggi terhadap pembukaan tapak-tapak pelupusan haram ini agar kualiti air dapat dijaga sepenuhnya. Bagi tapak pelupusan sanitari, olahan larut lesapan perlulah diolah dengan sempurna agar tidak memberi kesan kepada pencemaran akuifier, air permukaan dan air bawah tanah ( Zawawi et al., 2007b).

Beberapa olahan rawatan air telah pun digunapakai serta menunjukkan keberkesanan di dalam penyingkiran bahan tercemar di dalam larut lesapan. Antara yang sering digunapakai di negara ini adalah kaedah olahan fizikal-kimia (penggumpalan dan pengelompokan) serta di tambah dengan kaedah penurasan sebelum ianya benar-benar sedia untuk dilepaskan ke persekitaran. Teknologi rawatan air sisa pada masa sekarang semakin pesat membangun. Terdapat pelbagai jenis teknologi atau kaedah baru yang dicipta untuk mengatasi kelemahan yang wujud dalam teknologi-teknologi konvensional. Salah satu kaedah baru yang berasaskan teknologi ialah proses elektro-penggumpalan (EC) yang telah dibangunkan bagi menggantikan kaedah rawatan konvensional dalam proses penggumpalan dan pengelompokan.

Elektro-penggumpalan (EC) telah digunakan untuk merawat air sisa dan beberapa perbezaan telah dikenalpasti dalam perbandingan proses elektro-penggumpalan dan proses penggumpalan kimia (Mollah et. al., 2001). Di dalam proses elektro-penggumpalan, penghasilan ion-ion pembentukan daripada proses penggumpal dan pengelompokan melibatkan tiga tahap yang berturutan iaitu melalui pengoksidaan elektrolit (elektrod terkorban), kedua ialah proses penstabilan bahan-bahan cemar di mana zarah-zarah terapung dan berlaku pemecahan emulsi-emulsi dan ketiga ialah pengumpulan fasa-fasa yang tidak stabil untuk pembentukan gumpalan flok. Proses elektro-penggumpalan juga adalah proses yang efektif untuk mentidakstabilkan zarah-zarah halus yang berselerak melalui penyingkiran pepejal terampai, logam-logam berat, hidrokarbon dan gris dari jenis-jenis air sisa yang berbeza (Mollah et. al., 2004). Penggunaan sistem elektro-penggumpalan (EC) dengan penggunaan aluminium dan ferum sebagai agen penyingkiran digunakan di dalam kajian ini bagi meningkatkan kualiti larut lesapan yang dilepaskan di Tapak Pelupusan Sanitari Seelong dan Malaysia amnya. Peratus penyingkiran beberapa parameter utama akan diberi penekanan khusus disamping pengaruh sistem elektro-penggumpalan terhadap larutan larut lesapan bagi menghasikan keputusan yang baik. Hasil kajian ini diharap akan dijadikan rujukan serta panduan kepada pihak berkuasa tempatan khususnya di dalam menjalankan tanggungjawab bagi meningkatkan usaha-usaha penjagaan alam sekitar khususnya di tapak pelupusan sampah.



### 1.3 Objektif kajian

Objektif utama kajian ini adalah untuk melihat keberkesanan sistem elektro-penggumpalan serta peratus penyingkiran terhadap parameter-parameter terlibat dengan penggunaan elektrod-elektrod terpilih. Selain itu kajian ini juga menjurus kepada aspek pengabungan elektrod dengan pencampuran aluminum sulfat ke dalam proses elektro-penggumpalan bagi melihat perubahan serta keberkesanan terhadap proses tersebut. Bagi mencapai objektif tersebut, beberapa fasa kajian telahpun dijalankan yang merangkumi objektif-objektif seperti berikut:

1. Penentuan nilai optimum terhadap penyingkiran COD, pepejal terampai, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan bagi ketumpatan arus elektrik, jarak elektrod, masa tindakbalas, pH dan masa enapan bagi empat jenis susunan elektrod iaitu (i) Ferum-Ferum, (ii) Aluminum-Aluminum, (iii)  $\text{Ferum}^+$ -Aluminum<sup>-</sup>, dan (iv) Aluminum<sup>+</sup> - Ferum<sup>-</sup>,
2. Penentuan dos optimum penggumpal aluminum sulfat dengan elektrod Fe-Fe, Al-Al,  $\text{Fe}^+$ -Al<sup>-</sup> dan Al<sup>+</sup>-Fe<sup>-</sup>,
3. Penentuan saiz partikel yang terhasil daripada kesemua proses 1 dan 2 yang terlibat diatas.

### 1.4 Skop kajian

Kajian ini memfokuskan olahan larut lesapan di tapak pelupusan Sanitari Seelong, Johor. Skop kajian yang dilakukan adalah seperti berikut;

- 1) Penggunaan reaktor kaca bersaiz 300mm x 80mm x 200mm,
- 2) Penggunaan elektrod ferum dan aluminum sebagai bahan penggumpal, serta
- 3) Pengukuran peratus penyingkiran COD, pepejal terampai, nitrogen ammonia, dan kekeruhan,

- 4) Pencampuran aluminum sulfat kedalam proses olahan elektro-penggumpalan bagi menentukan penggunaan dos optimum, dan
- 5) Penggunaan alat pengacau bagi setiap ujikaji iaitu 80 rpm pada 3 minit dan 30 rpm pada 30 minit yang berikutnya.
- 6) Perbandingan antara hasil kajian dengan piawaian larut lesapan mengikut Akta Kualiti Alam Sekeliling, 1974 di bawah Peraturan-Peraturan Alam Sekeliling (Kualiti Pencemaran Daripada Stesen Pemindahan Sisa Pepejal Dan Kambus Tanah), 2009



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## BAB 2

### KAJIAN LITERATUR

#### 2.0 Pengenalan

Pembangunan yang pesat memberi kesan kepada masalah pencemaran alam sekitar wujud seiring dengan peningkatan taraf ekonomi pada masa kini. Taraf ekonomi sesebuah negara sangat berkait rapat dengan penjanaan sisa pepejal. Wujud isu-isu yang selalu dimainkan iaitu bagaimana sesuatu komuniti itu menjana serta bagaimana melupuskan sisa pepejal tersebut. Faktor pengurusan yang mampan serta efisien sangatlah dititikberatkan kerana kepentingan melindungi aspek kesihatan awam sentiasa bergerak seiring dengan hasrat kerajaan yang mahu menjadikan Malaysia sebuah negara yang berpendapatan tinggi. Pengurusan sisa pepejal yang baik menerusi pengurangan, pengitaran semula, pelupusan, penggunaan teknologi terkini serta penyediaan standard bagi perkhidmatan pelupusan sisa wajar berkembang dari masa ke semasa supaya persekitaran yang sihat dapat diwujudkan. Teknologi yang bakal digunakan juga haruslah bersesuaian dengan faktor persekitaran agar sisa pepejal yang bakal dilupuskan akan menjadi sumber yang tidak ternilai dan sentiasa dimanfaatkan. Oleh yang demikian pengurusan sisa pepejal yang berkesan berkait rapat dengan taraf kesihatan sesebuah komuniti dan juga peningkatan taraf ekonomi sesebuah negara itu sendiri (Rodrigues et al., 2004).

## 2.1 Pengurusan sisa pepejal

Sisa pepejal merupakan hasil pengeluaran yang dijana oleh aktiviti manusia sebelum dihantar ke tapak kambus tanah, insinerator ataupun tapak pelupusan sanitari yang telah disediakan bagi tujuan pelupusan ataupun kitar semula (Baccini dan Brunner, 1991). Peningkatan taraf ekonomi yang tumbuh pada 5.2% setahun akan merancakkan pertambahan sisa pepejal yang akan ataupun bakal dilupuskan (Agamuthu, 2001). Menurut Laporan Rancangan Malaysia Kesembilan 2006-2010 kerancakkan pembangunan industri kecil, sederhana dan juga peningkatan taraf sosio ekonomi penduduk akan membawa kepada pertambahan sisa pepejal dimana masalah yang akan dihadapi oleh negara adalah bagaimana sistem pelupusan yang efisien akan diwujudkan.

Pengurusan sisa pepejal yang tidak cekap akan memberi kesan yang besar kepada taraf kesihatan manusia itu sendiri (Mato, 1999; Kiely 1998). Sebagai contohnya manusia akan sentiasa menggunakan air yang diperolehi daripada pelbagai sumber. Pencemaran air bawah tanah dan permukaan akan mengakibatkan timbulnya masalah baru dari segi kesihatan iaitu melalui penyakit bawaan air. Selain itu kos rawatan air juga akan meningkat disebabkan terlalu banyak kaedah rawatan yang diperkenalkan. Kebanyakan penyakit bawaan air adalah disebabkan oleh cara pelupusan yang tidak cekap di mana sisa yang dihasilkan dikambus tanah tanpa penyediaan sistem lapisan yang baik. Selain itu terdapat juga sisa-sisa yang dibakar sewenang-wenangnya tanpa mengetahui kandungan yang terdapat di dalam sisa tersebut. Ini akan memberi kesan jangka masa panjang terhadap persekitaran serta membahayakan kesihatan penduduk yang tinggal berhampiran dengan aktiviti tersebut. Gaya hidup sesebuah komuniti juga sangat mempengaruhi kepelbagaian sisa yang dihasilkan (Cheremisinoff, 1995) di mana penghasilan produk yang terhad kepada kegunaan tertentu akan menyumbang kepada peningkatan jumlah sisa yang dihasilkan (Henry dan Hainke, 1996).

Di Malaysia, pertumbuhan sisa pepejal meningkat sebanyak 3% setahun di mana kebanyakan sisa pepejal tersebut terhasil daripada kertas, plastik, perabot-perabot lama, logam, kaca, sisa perindustrian dan juga sisa makanan seharian ( Agamuthu, 2001).

Pelbagai jenis teknik serta teknologi pelupusan bagi pengurusan sisa pepejal telah pun dicadangkan bagi mengurang serta dikitar semula sisa-sisa pepejal tersebut diantaranya ialah pengkitaran semula, pengangkutan secara berjadual, pewujudan kambus tanah, tapak insinerator, tapak pelupusan berjadual dan sebagainya. Antara objektif utama pengurusan tapak pelupusan adalah untuk mengurangkan kesan-kesan negatif akibat penghasilan sisa pepejal terhadap alam sekitar serta menghadkan penggunaan bahan mentah, menerusi pengurusan sumber bahan mentah supaya kuantiti sisa pepejal yang perlu dilupuskan dapat dikurangkan. Selain itu rekabentuk, penyenggaraan dan pasca-pemantauan tapak kambus tanah yang telah ditutup dinaiktaraf menjadi tapak pelupusan kabus tanah sanitari di mana ianya merupakan salah satu langkah yang baik bagi mengawal pertumbuhan sisa pepejal disamping mengawal tahap pencemaran di tapak pelupusan itu sendiri.

## 2.2 Pelupusan sisa pepejal

Sejak dahulu sehingga kini, pelupusan sisa pepejal banyak menggunakan teknik pelupusan yang meliputi kambus tanah (landfill), kitar semula dan pembakaran (Komilis et al., 1999). Selain itu, tapak pelupusan juga bermaksud proses pelupusan sisa pepejal di atas suatu kawasan tanah (Smith and Crawford, 1986). Tapak pelupusan merupakan kemudahan fizikal yang digunakan untuk melupuskan sisa pepejal di atas permukaan tanah di bumi (Tchobanoglous et al., 1993). Namun, implikasi daripada perkembangan proses perbandaran yang memberi kesan peningkatan kuantiti sisa pepejal, memerlukan satu sistem pengurusan tapak pelupusan yang berkualiti dan efektif bagi mengatasi masalah pengurusan sisa pepejal akibat daripada faktor-faktor tertentu. Pelupusan sisa pepejal boleh ditakrifkan sebagai penempatan secara kekal sebelum dilupuskan dengan menyembunyikan sisa pepejal dengan cara yang baik agar tidak kelihatan (Lee et al., 1993).

Terdapat pelbagai kaedah pelupusan yang sering digunapakai sama ada sedia ada atau pun selepas pemprosesan (Zawawi et al., 2007b). Pemprosesan secara haba atau fizikal

bertujuan menukarkan sisa pepejal tersebut ke dalam bentuk yang lebih mudah untuk dilupuskan. Selain itu terdapat olahan lain yang digunakan seperti pembuangan secara terbuka, pengkomposan, kambus tanah dan insinerator. Pembuangan secara terbuka merupakan kaedah yang paling murah dan cepat. Ianya sangat mudah sehinggakan operasi yang dilakukan tidak memerlukan apa-apa lapisan yang diperlukan untuk melindungi sisa pepejal tersebut (Agamuthu, 2001). Kebanyakan kaedah ini menggunakan kaedah pembakaran terbuka bagi mengurangkan isipadu sisa pepejal serta ianya bertujuan bagi memanjangkan jangka hayat tapak pelupusan tersebut (Vesilind et al, 1994). Kaedah ini adalah kaedah yang paling cepat dan agak efektif, namun timbul pula masalah lain seperti masalah pencemaran udara hasil daripada pembakaran terbuka, peningkatan wabak denggi hasil daripada aktiviti nyamuk, peningkatan dari segi pertambahan jumlah tikus dan lalat di kawasan persekitaran, pencemaran air bawah tanah dan permukaan hasil daripada resapan air hujan.

Penggunaan insinerator merupakan cara yang paling berkesan di dalam pelupusan sisa pepejal. Sisa-sisa pepejal akan diasingkan sebelum ianya boleh dibakar. Dengan ini, sisa-sisa pepejal yang boleh dibakar akan lebih mudah dikurangkan. Selain itu ianya bertujuan bagi mengolah gas-gas yang boleh digunapakai dengan menukarkan gas tersebut kepada sumber tenaga elektrik mahupun memasak. Proses pembakaran sisa yang berlaku akan mengalami pengoksidaan kimia di dalam keadaan udara yang banyak pada suhu diantara  $750^{\circ}\text{C}$  ke  $1000^{\circ}\text{C}$ . Selain itu pengurangan berat sisa di tapak pelupusan berjaya dikurangkan sebanyak 90% dan hanya 10% sahaja dikembalikan di tapak pelupusan (Stegmenn et al., 2007). Walaubagaimanapun kaedah ini memerlukan kos operasi yang tinggi disamping kos pra-pengasingan yang agak merumitkan.

Pengkomposan merupakan satu lagi kaedah di mana bahan organik di dalam sisa pepejal distabilkan melalui proses aerobik bagi menghasilkan humus. Faktor utama yang terlibat serta mempengaruhi pengkomposan ialah suhu, pH, kelembapan serta proses pengudaraan. Hampir 50% sisa organik dapat dikurangkan dengan kaedah pengkomposan (Kreith, 1994), di mana tempoh 0.5 sehingga 12 bulan diperlukan bagi melengkapkan proses tersebut. Kaedah ini sesuai digunakan untuk sisa yang bebas daripada bahan tak

organik (Diaz et al., 1993). Kaedah kambus tanah merupakan salah satu kaedah yang paling popular dan sering kita dengar serta diguna pakai diseluruh negara-negara membangun mahupun di Malaysia amnya. Sisa pepejal yang diasingkan melalui lori sampah akan dituang ke dalam tapak pelupusan sebelum ianya dikambus dan dipadatkan dengan menggunakan jentolak. Lapisan sisa tadi akan di kepung dengan lapisan geomembran yang diperbuat daripada tanah liat mahupun plastik bertekanan tinggi. Ini bagi mengelakan kebocoran larut lesapan yang akan mencemari persekitaran kawasan kambus tanah. Kaedah kambus tanah amat menekankan aspek persekitaran di mana ianya merupakan kaedah yang paling efisien, murah dan selamat (Rodrigues et al., 2004).

### **2.3 Tapak pelupusan sanitari**

Tapak pelupusan sanitari merupakan kaedah pelupusan sisa pepejal yang kerap digunakan di seluruh dunia (Tchobanoglous et al., 1993) mahupun di Malaysia amnya. Sisa pepejal yang sampai ke destinasi akhir akan di tuang serta ditutup dengan tanah. Ia kemudiannya akan dimampatkan dengan menggunakan jentolak bagi tujuan menyembunyikan serta menghilangkan bau, debu dan yang paling penting ialah penyebaran wabak penyakit terhadap masyarakat sekeliling khususnya pekerja-pekerja yang terlibat di tapak pelupusan itu sendiri. Masalah utama yang sering dihadapi di hampir semua tapak pelupusan kambus tanah ialah pengeluaran gas-gas berbahaya serta pengaliran larut lesapan yang tidak terkawal. Lapisan kedap komposit disekeliling tapak pelupusan merupakan lapisan utama bertujuan bagi menghalang pengeluaran larut lesapan. Ianya mengandungi campuran komposit seperti geomembran yang diperbuati daripada HDPE, geotekstil serta tanah liat yang akan melitupi disekeliling tapak pelupusan sanitari tersebut.

Selain itu, lapisan atas kedap komposit juga ditutup dengan lapisan bertanah dan berumput bagi mengelakkan pencemaran kepada permukaan dan air laluan bawah tanah. Bagi mengatasi masalah pengaliran larut lesapanan, satu saluran bertekanan tinggi dipasang bagi mengatasi masalah pencemaran air laluan bawah tanah. Bukan semua



tapak pelupusan sanitari dilengkapi dengan sistem insinerator. Ianya melibatkan kos yang sangat mahal. Oleh yang demikian pemilihan tapak serta sistem pelupusan amatlah mustahak agar persekitaran dapat dijaga disamping penggunaan kos yang rendah.

Jadual 2.1 Empat jenis tapak pelupusan kambus tanah di Malaysia

Bil	Jenis Tapak Pelupusan	Penerangan
1.	Tapak pelupusan terkawal	Sisa pepejal yang sampai ke tapak pelupusan akan dikawal dan ditimbus menggunakan tanah, pasir ataupun batu pada setiap hari bagi menghalang pencemaran bau dan juga habuk yang akan bertebangan. Selain itu iannya bertujuan bagi menghalang berlakunya kebakaran.
2.	Tapak kambus tanah sanitari	Terdapat banyak persamaan tapak kambus tanah sanitari dengan pelupusan terkawal. Apa yang membezakannya ia adalah terdapat ciri-ciri tambahan seperti pemasangan pagar disekeliling serta mempunyai sistem saliran permukaan bagi mengalirkan larut lesapan keluar dari kawasan tapak pelupusan
3.	Tapak kambus tanah sanitari dengan sistem kitaran semula larut lesapan	Menyerupai jenis kedua tetapi direkabentuk dengan lapisan membran bagi meghalang keluar larut lesapan ke bawah dan permukaan bumi seterusnya mencemarkan persekitaran. Selain itu ianya dilengkapi dengan HDPE yang dipasang menegak bagi mengalir keluar segala gas-gas berbahaya hasil daripada proses penguraian yang berlaku di dalam tapak pelupusan. Terdapat sebuah kolam yang dibina bagi pengumpulan kesemua larut lesapan yang dikumpul. Proses pengudaraan terhadap larut lesapan dilakukan dan disalurkan semula ketapak pelupusan bagi meningkatkan aktiviti proses penguraian kimia



4.	Tapak kambus tanah sanitari dengan olahan larut lesapan	Merupakan tapak kambus tanah yang paling lengkap serta dilengkapi dengan rekabentuk yang sistematik serta sistem olahan larut lesapan juga dilakukan rawatan sebelum ianya benar-benar boleh dilepaskan ke sungai ataupun persekitaran. Selain itu kandungan parameter yang terdapat di dalam larut lesapan itu sendiri seperti contoh COD, nitrogen ammonia, warna, pepejal terampai dan juga pH akan di kawal sepenuhnya di tapak pelupusan tersebut.
----	---	---

Kebanyakan tapak pelupusan kambus tanah tidak mempunyai kemudahan mengolah larut lesapan (Chenayah, 2005). Hanya terdapat 10% tapak pelupusan kambus tanah di Malaysia mempunyai kolam tadahan dan olahan larut lesapan (Agamuthu, 2001; Ghazali et al., 1997). Hanya terdapat beberapa jenis tapak pelupusan yang boleh dikategorikan sebagai tapak pelupusan jenis keempat di Malaysia. Salah satunya daripadanya adalah di Selangor iaitu tapak pelupusan sanitari Jeram dengan keluasan 160 ekar dan juga Johor tapak pelupusan sanitari See Long dengan keluasan 275 ekar. Ianya dibangunkan bagi mengatasi masalah pencemaran air permukaan dan bawah tanah hasil daripada larut lesapan tersebut. Pengawalan larut lesapan sangat mustahak. Justeru itu pengurusan serta pemilikan tapak kambus tanah sanitari dengan olahan larut lesapan perlulah dibangunkan bagi mengatasi masalah pencemaran yang berpunca daripada larut lesapan.

## 2.4 Larut lesapan

Larut lesapan merupakan cecair bewarna coklat kehitaman yang terbentuk hasil daripada perkolasi air yang mengalir melalui sisa pepejal di tapak pelupusan sisa. Cecair ini mengalir ke dalam bahagian tanah dan membawa bersamanya bahan-bahan terlarut dan terampai (Ghazali et al., 1997). Sumber cecair ini adalah berpunca daripada curahan hujan, larian permukaan, penyusupan, pemendakan, air daripada pemadatan sisa pepejal

dan cecair daripada proses penguraian sisa pepejal. Kandungan cecair lesapan ini terdiri daripada bahan organik dan bukan organik dan juga terdiri daripada pelbagai campuran bahan kimia dan logam berat seperti ammonia, natrium, kalsium, sulfur, kuprum, ferum, nikel, kadmium, plumbum dan lain-lain (Tchobanogolous et al., 1993). Ini bukan sahaja boleh mengancam kehidupan organisma-organisma yang hidup dalam tanah, tumbuh-tumbuhan malahan pada manusia sendiri apabila cecair lesapan ini mengalir ke bahagian sungai dan tasik yang berdekatan apabila air bawah tanah dicemari (Tatsi dan Zouboulis, 2002; Tatsi et al., 2003; Bagchi, 1990). Kesan daripada pencemaran plumbum umpamanya boleh menyebabkan penyakit anemia, gangguan pada usus dan sistem saraf. Bagi memastikan larut lesapan selamat untuk dilepaskan ke sungai ataupun persekitaran berhampiran maka beberapa langkah pengolahan perlulah dilakukan bagi memastikan larut lesapan tersebut mengikut piawaian yang dibenarkan.

## **2.5 Komposisi larut lesapan**

Komposisi kandungan bahan pencemar organik di dalam larut lesapan adalah tinggi serta mengandungi pelbagai jenis kandungan organik, bukan organik, logam berat, natrium, garam, gas-gas bertoksik, nitrogen ammonia, mikroorganisma patogen dan bahan-bahan pencemar yang lain (Kang et al., 2002; Trebouet et al., 2001; Li et al., 1999). Komposisi larut lesapan sangatlah bergantung kepada cara penyusupan, kelembapan, kuantiti sisa pepejal, keadaan cuaca persekitaran, jenis sisa pepejal serta usia tapak pelupusan itu sendiri (Wang et al., 2003; Trebouet et al., 2001). Perbezaan jumlah serta kualiti larut lesapan boleh wujud akibat daripada dipengaruhi kadar penjanaan dan komposisi larut lesapan. Komposisi larut lesapan berubah berkadar dengan proses anaerobik yang terjadi dan hayat tapak pelupusan (Harrington, 1986).

Komposisi larut lesapan yang wujud antara di tapak pelupusan baru dan yang sudah matang seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1 menunjukkan menunjukkan kepelbagaian bergantung kepada perubahan iklim tropika seperti monsun dan panas (Tchobanogolous et al., 1993).

Jadual 2.2: Komposisi larut lesapan untuk tapak pelupusan baru dan matang  
(Tchobanoglous et al., 1993)

Juzuk/Komponen	Tapak < 2 Tahun		Tapak > 10 Tahun (mg/L)
	Julat (mg/L)	Normal (mg/L)	
BOD	2000-30000	10000	100-200
TOC	1500-20000	6000	80-160
COD	3000-6000	18000	100-500
Pepejal Terampai	200-2000	6000	100-400
Nitrogen Organik	10-800	200	80-120
Nitrogen ammonia	10-800	200	20-40
Nitrat	5-40	25	5-10
Fosforus	5-100	30	5-10
Orto-forforus	4-80	20	4-8
Alkali $\text{CaCO}_3$	1000-10000	3000	200-1000
pH (kealkalian)	4.5-7.5	6	6.6-7.5
$\text{CaCO}_3$	300-10000	3500	200-500
Kalsium	200-3000	1000	100-400
Magnesium	50-150	250	50-200
Potassium	200-1000	300	50-400
Sodium	200-2500	500	100-200
Klorida	200-3000	500	100-400
Sulfat	50-1000	300	20-50
Ferum	50-1200	60	20-200

Kadar kepekatan BOD dan COD adalah dipengaruhi oleh usia tapak pelupusan kambus tanah itu sendiri. Peningkatan usia akan mengurangkan peratus kepekatan COD dan BOD (Reinhart, 1998). Walaubagaimanapun kepekatan BOD akan mengurang dengan lebih cepat berbanding dengan COD. Ini kerana proses penguraian jirim organik masih berterusan (Ehrig, 1989) walaupun tapak pelupusan kambus tanah telahpun ditutup. Nisbah komposisi kimia seperti TOC dan COD akan berkurangan apabila menghampiri dari tahun ke tahun. Ini menunjukkan bahawa penurunan komposisi sebatian organik di dalam sebatian larut lesapan saling berkait rapat dengan faktor usia sesuatu tapak

pelupusan tersebut (Chian dan DeWalle, 1997). Pengurangan COD dan TOC adalah kerana berlakunya pengurangan karbon organik yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisma bagi tujuan proses penguraian (Chian dan DeWalle, 1997). Adalah diketahui bahawa kandungan serta populasi mikroorganisma adalah sangat tinggi bagi sisa yang datangnya daripada sisa pepejal perbandaran. Ia akan menyebabkan kesan yang sangat merbahaya kepada kesihatan awam (Lu et al., 1985) di mana terkandung pelbagai jenis bakteria seperti koliform, koliform fekal dan jumlah kiraan plat (Senior, 1995). Walaubagaimanapun bakteria-bakteria ini sangat membantu di dalam proses penguraian sisa pepejal itu sendiri. Peningkatan haba dan suhu akan merencatkan proses penguraian tersebut serta pH yang rendah juga akan mengakibatkan ketidakaktifan bakteria-bakteria tersebut (Lu et al., 1999).

## **2.6 Kandungan larut lesapan**

Larut lesapan mengandungi pelbagai jenis bahan pencemaran yang berpunca daripada logam berat, sisa perbandaran, sisa domestik, sisa-sisa yang berasal daripada industri pembinaan dan perobohan, sisa industri berat dan ringan dan sebagainya. Bahan-bahan tersebut apabila dikumpul serta digabungkan bersama di dalam tapak pelupusan akan menjadi agen pencemaran yang sangat merbahaya terhadap ekosistem sekeliling khususnya air permukaan dan bumi. Kandungan parameter yang terdapat di dalam larut lesapan adalah seperti yang ditunjukkan dalam jadual 2.2 menyatakan bahawa komposisi tersebut terbahagi kepada empat bahagian (Tchobanoglous et al., 1993). Parameter-parameter yang wujud di dalam larut lesapan kebanyakannya terdiri daripada kandungan organik dan juga bukan organik. Selain itu kandungan biologi juga diambil kira bagi melihat tahap serta proses penguraian yang berlaku di dalam larut lesapan tersebut.

Jadual 2.3: Kandungan parameter dalam larut lesapan (Tchobanoglous et al., 1993)

<b>Fizikal</b>	<b>Kandungan Organik</b>	<b>Kandungan Bukan Organik</b>	<b>Biologikal</b>
Boleh Dilihat	Kimia Organik	Jumlah Pepejal Terampai (TSS), Jumlah Pepejal Terlarut (TDS)	Permintaan Oksigen Biokimia (BOD)
pH	Permintaan Oksigen Kimia (COD)	Pengewapan Pepejal Terampai (VSS), Pengewapan Pepejal Terlarut (VDS)	Bakteria Koliform (Total Feacal, Feacal streptococci)
Penurunan	Fenol	Sulfat	
Pengoksidaan	Jumlah Karbon Organik (TOC)	Alkali dan Asid	
Konduktiviti	Pengewapan Asid Organik (VOC)	Nitrat-N	
Warna	Tannins, Lignins	Nitrogen Ammonia	
Kekeruhan	Organik-N	Garam Mineral (Na, Ca, Mg, Pottasium Klorida, Florida)	
Suhu	Larutan Eter (Minyak & Gris)	Logam (Pb, Cu, Zn, Cd, Fe, Mn, As, Hg, Ba, Ag, Cr)	
		Sianida	

### 2.6.1 Kandungan organik

Kandungan organik di dalam larut lesapan ialah sebatian yang terhasil daripada pembiorosotan sisa pepejal di tapak pelupusan (Zawawi et al., 2007a). Diantara kandungan organik tersebut ialah keton, sebatian aromatik, alkohol, humik, asid lemak meruap dan sebagainya (Christensen et al., 1994; Brown dan Donnelly, 1998). Asid lemak meruap merupakan kandungan organik yang paling banyak boleh didapati di dalam larut lesapan. Larut lesapan yang mengandungi kepekatan sebatian organik yang tinggi akan menyebabkan pencemaran alam sekitar yang teruk. COD dan BOD biasanya dijadikan kayu pengukur bagi melihat kandungan sebatian organik di dalam larut lesapan. Sisa pepejal domestik biasanya akan mengandungi kepekatan BOD dan COD yang tinggi. Ini kerana kandungan asid lemak yang tinggi di dalam larut lesapan itu sendiri. Selain itu, keadaan cuaca juga boleh mempengaruhi kepekatan COD dan BOD (Inanc et al., 2000).

Dapat dibuktikan juga bahawa kepekatan BOD dan COD akan meningkat dengan ketaranya pada musim panas. Ini kerana kemerosotan mikroorganisma melakukan proses penguraian (Chen, 1996).

## **2.6.2 Kandungan bukan organik**

Kandungan bukan organik merupakan satu sebatian yang terdiri daripada logam-logam berat seperti zink, tembaga, kadmium, plumbum dan sebagainya (Lu et al., 1985). Tidak semua logam-logam berat akan berjaya larut di dalam larut lesapan. Ini kerana sesetengah logam berat amat susah diuraikan melalui proses sebatian organik. Walaubagaimanapun terdapat beberapa logam berat yang mampu larut di dalam larutan larut lesapan seperti kuprum, besi, mangan, plumbum dan kadmium yang berupaya larut di dalam tapak pelupusan kabus tanah yang berasid seterusnya terlarut di dalam larut lesap (Zawawi 2007a). Kandungan kepekatan logam berat di dalam larut lesapan dipengaruhi oleh beberapa proses tindakbalas pengoksidaan-penurunan, pengkompleksan, pemendakan dan penjerapan (Christensen et al., 1994; Revans et al., 1999). Di antara proses-peroses yang di sebut diatas, Lu et al., (1985) menyatakan bahawa proses penjerapan adalah suatu proses yang sangat penting di mana ianya mengawal kepekatan logam di dalam larut lesapan. Molekul-molekul gas, cecair yang melekat di antara satu sama lain akan menurunkan kadar kepekatan logam di dalam larut lesapan.

Kajian menyatakan bahawa air bawah tanah yang telah dicemari mengandungi 1 hingga 2% ion bebas kuprum dan plumbum. Manakala Christensen et al., (2001) menyatakan bahawa terdapat 7 hingga 17% nikel, zink dan kadmium dari jumlah keseluruhan logam berat. Sulfida dan karbonat akan mewujudkan mendakan kadmium, nikel, zink dan kuprum, manakala fostat dan hidroksida akan memendakan logam seperti besi dan mangan ke dalam larutan larut lesap. Bagi logam larutan yang mempunyai pH yang neutral ataupun lebih akan menunjukkan tindakbalas logam (Reinhart dan Grosh, 1998). Kebanyakan logam terlarut hadir secara pengkompleksan dengan bahan organik berbanding kehadiran dalam bentuk ion bebas (Christensen et al., 2001). Logam kation

menunjukkan kecenderungan untuk bertindakbalas dengan permukaan yang bercas positif seperti partikel koloid, kalsit, bahan organik dan logam oksida seperti besi, aluminium dan silikon (Christensen et al., 2001). Secara umumnya kehadiran logam berat di dalam larut lesapan akan menyebabkan pencemaran yang serius serta boleh membahayakan kesihatan dan hidupan akuatik. Jadual 2.3.1 menunjukkan kepekatan logam berat dalam larut lesapan untuk tapak pelupusan.

Jadual 2.3.1 Kepekatan logam berat dalam larut lesapan untuk tapak pelupusan  
(McBean, 1995)

Logam	Kajian Logam Berat ( mg/L) dalam larut lesapan						
	*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7
Kadmium	0.006	0.0002	0.0004	0.0003	0.0036	0.0002-0.018	<0.01- <0.04
Nikel	0.05	0.028	0.084	0.054	0.062	0.0036-0.348	<0.01-0.1
Zink	2.2	0.2	0.36	0.085	5.31	0.05-9	<0.01- 0.47
Kuprum	0.04	0.002	0.007	0.034	0.002	0.004-0.027	<0.02- 0.17
Plumbum	0.02	<0.005	<0.005	0.056	0.188	0.005-0.019	<0.04- 0.13
Kromium	0.01	0.003	0.016	0	0.002	0.005-1.62	<0.01- 0.05
Rujukan	Flyhammer et al.,1998	Jensen dan Christensen, 1999				Krumpelbeck dan Ehrif, 1999	Robinson, 1995

- \*1 Mewakili purata logam berat dalam larut lesapan dalam sel yang dikawal secara keseluruhan yang beroperasi secara kitaran
- \*2-\*5 Mewakili purata kandungan logam berat dalam larut lesapan di 4 tapak pelupusan di Denmark. Hanya kawasan telah ditutup
- \*6 Julat kandungan air logam di dalam larut lesapan berdasarkan kajian di tapak pelupusan sampah di sekitar Jerman sekitar 21 hingga 31 tahun
- \*7 Julat kandungan logam dalam larut lesapan di 6 tapak pelupusan Britain



## **2.7 Pengaruh kualiti larut lesapan**

Larut lesapan merupakan cecair buangan di tapak pelupusan di mana ianya terhasil daripada beberapa sebatian yang hadir daripada sisa pepejal. Ianya sangat berbahaya kepada kesihatan manusia mahupun hidupan akuatik sekeliling jika tidak dirawat dengan betul. Terdapat beberapa faktor yang boleh mempengaruhi kualiti larut lesapan. Faktor-faktor tersebut adalah kandungan lembapan, komposisi sisa pepejal, suhu persekitaran, kandungan oksigen dan usia tapak pelupusan itu sendiri.

### **2.7.1 Kandungan lembapan**

Lembapan di dalam tapak pelupusan kambus tanah merupakan satu agen penting bagi merangsang proses penguraian sisa pepejal (Barlaz et al., 1990). Kandungan lembapan yang tinggi berupaya mengalir keluar organik terlarut di mana ianya secara tidak langsung akan mengurangkan aktiviti pencemaran yang berlaku di dalam larut lesapan. Selain itu kandungan lembapan yang tinggi bukan sahaja membantu menyingkirkan banyak bahan pencemar di dalam lapisan sisa pepejal malah membantu meningkatkan kualiti larut lesapan itu sendiri. Penstabilan tanah di kawasan tapak pelupusan kambus tanah akan berlaku dengan kehadiran mikrob anaerobik yang secara tidak langsung mempengaruhi kekuatan organik di dalam larut lesapan (McBean et al., 1995). Didapati bahawa kandungan lembapan sebanyak 20 hingga 40% memberikan kadar penstabilan yang amat perlahan. Ini kerana aktiviti penguraian amat perlahan di mana ianya memerlukan kadar kelembapan yang tinggi bagi membantu proses penguraian di tapak kambus tanah. Barlaz et al.,(1990) mencadangkan kadar peratus kelembapan yang sesuai bagi tapak pelupusan kambus tanah adalah sekitar 25 hingga 70% bagi membantu serta memainkan peranan penting semasa proses penapaian sisa pepejal semasa fasa metanogenik.



## Rujukan

Adhoum, N L.Monser , N.Bellakhal, J.E. Belgaied, (2004) *Treatment Of Electroplating Wastewater Containing  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  And Cr(Vi) By Electrocoagulation*. J. Hazard.Mater. B 112, 207-213

Agamuthu P (2001). *Solid Waste Principles And Management With Malaysian Case Studies*. University Of Malaya Press, Kuala Lumpur, Malaysia.

Agamuthu, P (1997) *Solid Waste Characterization And Quantification In Effective Solid Waste Management*. Petaling Jaya Ecotone Management Sdn.Bhd, 2.1-2.14

Ahn, W.Y. M.S. Kang, S.K. Yim, K.H. Choi, *Advanced Landfill Leachate Treatment Using An Integrated Membrane Process*, Desalination 149 (2002) 109–114

Akta Kualiti Alam Sekeliling (1974), *Peraturan-Peraturan Alam Sekeliling (Kualiti Pencemaran Daripada Stesen Pemindahan Sisa Pepejal Dan Kambus Tanah)*, 2009

Ali Savas Koparal, Yalcin Sevki Yildiz, Bulent Keskindir, Nuih Demircioglu, *Effect Of Ignition Ph On The Removal Of Humic Substance From Wasterwater By Electrocoagulation*, Separation And Purfication Technology 59(2)(2008) 175-182.

Al-Malack, M.H., Abuzaid N.S. & El-Mubarak, A.H. (1999) *Coagulation Of Polymeric Wastewater Discharged By A Chemical Factory*. Wat. Res., 33 (2), 521-529.

American Public Health Association (APHA) (1998) *Standard Method For Examination Of Wastewater*, 20<sup>th</sup> Ed, Washington, Dc,

Amir Hossein Mahvi and 2Edriss Bazrafshan (2007). *Removal of Cadmium from Industrial Effluents by Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes*. World Applied Sciences Journal 2 (1): 34-39.

Amokrane, A., Comel, C. & Veron, J. (1997) *Landfill Leachates Pre-Treatment by Coagulation Flocculation*. Wat. Res., 31 (11), 2775-2782

Anchalee Srirangsaan, Maneerat OngWandee dan Orathai Chavalparit (2009). *Treatment of Biodisel Wastewater By Electrocoagulation Process*. Enviroment Asia 2, 15-19.

Aziz, H.A., Yussof, M.S., Adlan, M.N., Adnan, N.H. Dan Alias, S. (2004a) *Physico-Chemical Removal Of Iron From Semi Aerobic Landfill Leachate By Limestone Filter*. Waste Management, Vol. 24, Issue 4, 2004, Pages 353-358.

Azizi, H.A., Yussof, M.S., Adlan, M.N., Adnan, N.H Dan Alias, S. (2004b) *Removal Of Ammoniacal Nitrogen From Municipal Solid Waste Leachate By Using Activated Carbon And Limestone*. Waste Management And Research. Vol.22, 371-375

Aziz, H.A., Alias, S., Adlan, M.N., Asaari, F.A.H. Dan Zahari, M.S. (2007) *Colour Removal from Landfill Leachate by Coagulation and Flocculation Process*. Bioresources Technology. Vol. 98, 218-220

Baccini P and P Brunner. (1991). *Metabolism Of The Anthroposphere*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, P 23 And 51

Bache, D.H., Rasool, E., Moffatt, D. Dan Mcgilligan, F.J. (1999) *On the Strength and Character of Alumini-Humic Flocs*. Waters Scince and Tchnology. Vol. 40(9), 81-88



PTTA  
PERPUSTAKAAN TUNJUKKAN

Bagchi A. (1990). *Design, Construction And Monitoring Of Sanitary Landfill*. New York, John Wiley and Sons. Inc. - International Publication

Barlaz, M.A., Ham, R.K. Dan Schaefer, D.M. (1990) *Methane Production From Municipal Refyse: A Review Of Enhancment Technique And Microbial Dynamics*. Critical Reviews In Enviromental Control. Vol.19 (6), 557-584.

Barnes, D. Dan Wilson. (1983) *Chemistry Unit Operations In Water Treatment*. Applied Science Publisher Ltd. England

Bayramoglu, M.Eyvas, M.Kobaya, (2003) *Treatment Of Textile Wastewater By Electrocoagulation Economical Evaluation*, Chemical Engineering Journal 128, 155-161

Bayramoglu, M., O.T. Can, M. Kobya, M. Sozbir, (2004), *Operating Cost Analysis of Electrocoagulation Of Textile Dye Wastewater*, Sep. Purif.Technol. 37, 117-125

Bejankiwar. R. S., Lokesh. K. S. And Gowda.T. P. H., (2003) “*Electrochemical Pretreatment Of Wastewater From Color Photograph Processing Unit* “. J. Envir. Engg, Nov-2003, 1061-1063

Belly-Ajay, K., Abbaszadegan, M. Ibrahim, E., Verges, D. Dan Lechevallier, M. (2000). *Conventional and Optimized Coagulation For Nom Removal*. Journal of the American Water Works Assosiation. Vol. 92(10), 44-58

Benefield, L.D., Judkins Jr., J.F. Dan Weand, B.L. (1982) *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Beata Załęska-Chróst, Lech Smoczyński, Regina Wardzyńska (2008) *Treatment Of Model Pulp And Paper Wastewater By Electrocoagulation*. Polish Journal of Natural Sciences. Abbrev.: Pol. J. Natur. Sc., Vol 23(2): 450-460.

Benjamin, M.M., Horng, J.J. & Ferguson, J.F. (1995) *Physical-Chemical Treatment of Landfill Leachate for Metals Removal*. Wat. Res., 29 (10), 2376-2386

Blazquez, R. Mendez And Lema, J.M. (1988) *Characteristics Of Landfill Leachates And Alternatives For Their Treatment: A Review*. J. Water, Air And Soil Pollution, 40: 223-253

Bolto, B. (1995) *Soluble Polymers in Water Purification*. Progress in Polymer Science. Vol.20, 987-1041

Bratby, J. (1990) *Coagulation and Flocculation in Water And Wastewater Treatment*. Iwa Publishing, London

Britz, T.J. (1995) *Landfill Leachate Treatment. In Microbiology of Landfill Sites*, 2<sup>nd</sup> Ed. Crs Press., Inc. USA.

Budiyono, I N. Widiassa, And Seno Johari, (2010) *Study on Treatment Of Slaughterhouse Wastewater By Electro-Coagulation Technique*; J. Of Sci. And Eng. Vol. 1(1):25-28

Brown, K.W. Dan Donnelly, K.C. (1988) *An Estimation Of The Risk Associated With The Organic Constituents Of Hazardous And Municipal Waste Landfill Leachates*. Journal Of Hazardous Wastes And Hazardous. Vol. 51(1), 1-30



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Burton, Simon, A.Q., Watson-Craik Dan Irene, A. (1998) *Ammonia And Nitrogen Fluxes In Landfill Sites: Applicability To Sustainable Landfilling*. Waste Management And Research, 16(1), 41-53

Can, O.T, M.Kobaya, M.Demirbas, E., Bayramoglu, (2006) *Treatment Of Textile Wastewater By Combined Electrocoagulation*. Chemosphere 62(2), 181-187

Can, O.T.Bayramoglu, M.Kobaya, M., (2003) *Decolourization Of Reactive Dye Solution By Electrocoagulation Using Aluminum Electrodes*. Ind.Eng.Chem.Res. 42, 3391-3396

Calli, B., Mertoglu, B Dan Inanc, B. (2005) *Landfill Leachate Management In Istanbul: Application And Alternatives*. Chemosphere. Vol. 59(6), 819-829

Calvo, L.S., Leclerc, J.P., Tnguy, G., Cames, M.C., Paternotte, G., Valentin, G., Rostan, A. And Lopicque, F. (2003). *An Electrocoagulation Unit For The Purification Of Soluble Oil Wastes*. High Cod. Environ. Prog. 22(1), 57-65

Carmen Zaharia, Mioara Surpateanu, Igor Cretescu, Matei Macoveanu, Harold Braunstein (2005). *Electrocoagulation/Electroflotation – Methods Applied For Wastewater Treatment*. Environmental Engineering and Management Journal, Vol.4, No.4, 463-472

Casey, T.J. (1997) *Unit Treatment Process in Water And Wastewater Engineering*. John Wiley & Son, Ireland

Charles Hall, Paul Heroult, Chm 110 – (1886) *Chemistry And Issues In The Environment /Conversion Of Bauxite Ore To Aluminum Metal Electrolysis Cell - Hall Process*

Chen, P.H. (1996) *Assesment Of Leachates From Sanitary Landfills: Impact Of Ages, Rainfall And Treatment*. Environmental International. Vol.22 (2). 225-237



PT TAA UTM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Chen, X., Chen, G., And Yue, P.L. (2000). *Separation of Pollutants From Restaurant Wastewater By Electrocoagulation*. Separation and Purification Technology, 19: 65 – 76

Chen, X.Chen, P.L.Yue, *Electrocoagulation and Electrofloatation Of Restaurant Wastewater*, J.Environ. Eng.126 (2000) 858-863

Chen, P.H. (1996) *Assessment of Leachates from Sanitary Landfills: Impact Of Age, Rainfall And Treatment*. Environmental International. Vol.22 (2), 225-237

Chen, G., (2004), *Electrochemical Technologies in Wastewater Treatment*, Sep.Purif. Technol. 38, 11–41

Chenayah, S. Dan Takeda, E. (2005) *Promethee Multicriteria Analysis for Evaluation of Recycling Strategies in Malaysia*. University Malaya, Malaysia Dan Osaka University, Japan.

Cheng, R.C., Liang, S., Wang, H.C. Dan Beuhler, M.D. (1994) *Enhanced Coagulation For Arsenic Removal*. J.Awwa. Vol. 86, 79-90

Cheng, R.C., Krasner, S.W., Green, J.F. Dan Wattier, K.L. (1995) *Enhanced Coagulation: A Preliminary Evaluation*. Journal of the American Water Works Association. Vol.87 (2), 91-103

Chen,G X.Chen.P.L.Yue, *Electrocoagulation and Electroflotation of Restaurant Wastewater*, J.Environ. Eng. 126 (2000) 858-863.

Chen,X G.Chen.P.L. Yue, (2000) *Separation Of Pollutions From Restaurant Wastewater By Electrocoagulation*, Sep.Purif. Technol.19, 65-76.

Chian E.S.K Dan Dewalle F.B (1976) *Sanitary Landfill Leachate and Their Treatment*, J. Environ. Eng. Div 102, 411-431

Chian, E.S.K. Dan Dewalle, F.B. (1977) *Evaluation of Leachate Treatment. Vol. 1, Characterization of Leachate*. Usa Enviromental Protection Agency, Cincinnati

Ching H.W., Elimelech M. & Hering J.G. (1994) *Dynamics Of Coagulation Of Clay Particles With Aluminum Sulphate*. Journal of Environmental Engineering, 120 (1), 169-189, 1994

Chou,W.L C.T.Wang,K.Y. Huang,(2009) *Effect Of Operating Parameters On Indium, Ion Removal By Iron Electrocoagulation And Evaluation Of Specifies Energy Consumption*, Journal Of Hazardous Materials

Chou, W.L (2009) *Study of Cod And Turbidity Removal From Real Oxide-Smp Wastewater By Iron Electrocoagulation And The Evaluation Of Specific Energy Consumption* Journal Of Hazardous Materials (2009) - 1200-1207

Chow, C.K.C., Van Leuwen, J.A., Drikas, M., Fabris, R., Spark, K.M. Page, D.W. (1999) *The Impact Of The Character Of Natural Organic Matter In Conventional Treatment With Alum*. Water Science and Technology. Vol. 40(9), 97-104

Christensen, T.H. Kjeldsen, P., Albrechtsen, H.J., Neilsen, P.H., Bjerg, P.L. Dan Holm, P.E (1994) *Attenuation of Landfill Leachate Pollutants in Aquifiers*. Critical Reviews in Enviromental Scince and Technology, 24 (2), 119-202.

Christensen, T.H. Dan Kjeldsen, P. (1989) *Basic Biochemical Process In Landfills, In Sanitary Landfillings: Process, Technology And Enviromental Impact*, London: Academic Press. Ltd.



PTTA AUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU AMINAH



Christensen, T.H. Kjeldsen, P., Bjerg, P.L., Jensen, D.L., Christensen, J.B., Baun, Anders, Alberchtsen, Hans-Jorgen, Heron Dan Grom (2001) *Biogeochemistry Of Landfill Leachates Plumes*. Applied Geochemistry, 16,659-668

Chuanping Feng A, Norio Sugiura B, Satoru Shimada C, Takaaki Maekawa B, (2003) *Development Of A High Performance Electrochemical Wastewater Treatment System*, Journal Of Hazardous Materials B103,65–78

Copa, W.M., Vollstedt, T.J. Dan Brown, S.J. (1995) *Anaerobic And Aerobic Treatment Technologies For Leachate. Presented At The Landfill Closures- Enviromental Protection And Land Recovery Session, Asce. Convention, San Diego*

Cornwell, Da, Westerhoff, Gp (1981) *Management Of Water Treatment Plant Sludges, Sludge And Its Ultimate Disposal*. Ann Arbor Science, Ann Arbor Mi. 1981. P 31-62, 9 Figs, 7 Tabs, 17 Ref.

Crowford, J.F. Dan Smith, P.G. (1986) *Landfill Technology*, Butterworth, Londons

Daida, P. (2005). *Removal Of Arsenic From Water By Electro Coagulation Using Al – Al , Fe – Fe Electrode Pair Systems And Characterization Of By Product , Umi Microform ,1 – 68*

Daneshvar, N., Sorkhabi, H. A., and Kasiri, M. B. 2004. *Decolorization of Dye Solution Containing Acid Red 14 by Electrocoagulation With A Comparative Investigation Of Different Electrode Connections*. Journal Of Hazardous Materials, B112: 55 – 62.



PT TAAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Deniel, R. V.Hima Bindu, A. V.S Prabhakararoa and Y. Anjaneyulu. (2008). *Removal of Arsenic from Wastewater using electrocoagulation*. Journal of Environ. Science and Engg Vol 50, No 4, P. 283-288.

Dennett, K.E., Amirtharajah, A., Studstill, A., Moran, T.F. Dan Gould, J.P. (1995) *Humic Substance Removal and Minimization of Trihalomethanes by Ferric Chloride Coagulation*. Awwa Research Foundation, Report No. 90655, USA

Dennett, K.E., Amirtharajah, A., Moran, T.F. Dan Gould, J.P. (1996) *Coagulation: It's Effect On Organic Matter*. Journal Of The Amarecan Water Works Association. Vol.88 (4), 129-142

Dey, B.K., Hashim, M.A., Hassan, S. Dan Sen Gupta (2004) *Microfiltration Of Water-Based Paints Effluents*. Advance in Enviromental Research. Vol. 8(3-4), 455-466

Diamadopoulos, E. (1994) *Characterization and Treatment of Recirculation-Stabilized Leachate*. Wat. Res., 28 (12), 2439-2445

Diaz, L.F., Savage G.M., Egerth, L.L. Dan Golueke, C.G. (1993) *Compositing And Recycling Municipal Solid Waste*. USA. Lewis Publisher

Dini, R.H.B., Hamidi, A.A. Dan Savinder, K. (2001) *The Effectiveness Of Physic-Chemical Treatment For Leachate Ampang Jajar Landfill Site, Seberang Perai, Malaysia*, In: Morden Landfill Technology Management, Japan Society Of Waste Management Expert (Jswme), Fukuoka, Japan, Pp 111-118

Do, J.S. M.L, Chen, (1994) *Decolorization Of Dye-Containing Solution Of Electrocoagulation*, J.Appl.Eletochem. 24,785-790



PTTA UTM  
PERPUSTAKAAN TUNJUKKAN AMINAH

Donald W. Sundstorm. Herbert E. Klei. (1979) *Wastewater Treatment*. Prentice Hall. Page 11-13, 28-37

Druiche, N Et Al., (2008) *Electrocoagulation Treatment of Chemical Mechanical Polishing Wasterwater; Removal Fluoride-Sludge Characteristic-Operation Cost*, Desalination, 223; 134-142

Duan, J. Dan Gregory, J. (2003) *Coagulation by Hydrolyzing Metal Salts*. Advances in Colloid and Interface Science. Vol.100-102, 475-502

Ebling, J.M., Sibrell, P.L., Ogden, S.R. Dan Summerfelt, S.T. (2003) *Evaluation Of Chemical Coagulation-Flocculation Aids For The Removal Of Suspended Solids And Phosphorus From Intensive Recirculating Aquaculture Effluents Discharge*. Argricultural Engineering. Vol. 29, 23-42

Ehrig, H.J. (1984) *Treatment Of Sanitary Landfill Leachate: Biological Treatment*. Waste Manage. Res., 2, 131-152

Ehrig, H.J. (1989) *Sanitary Landfilling: Process, Technology and Enviromental Impact*, Academic Press, New York, 213-229

Emamjomeh, M., M M.Sivakumar. (2009) *Flouride Removal By A Continouse Flow Electrocoagulation Reactor*, Journal Of Enviromental Management 90 1204-1212. Of Ultrafine Particles. Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects 104, 101-109

Emamjomeh, M., Dan Muttucumar. Sivakumar, (2009) *Review Of Pollutants Removed By Electrocoagulation And Electrocoagulation/Floatation Process*, Journal Of Enviromental Management 90, 1663-1679



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Emamjomeh, M., M Muttucumar. Sivakumar B, (2006) *An Empirical Model For Defluoridation By Batch Monopolar Electrocoagulation/Flotation (Ecf) Process*, Journal Of Hazardous Materials B131,118–125

Emamjomeh, M .M. Sivakumar, M., (2004). *Effects of Calcium Ion On Enhanced Defluoridation By Electrocoagulation/Flotation (Ecf) Process*. In: Eighth Annual Environmental Engineering Research Event (Eere) Conference, Wollongong, New South Wales, Australia. Pp. 263–274

Fadel, El. M., Bou-Zeid, E. Dan Chahnine, W. Dan Alayli, B. (2002)*Temporal Variation Of Leachate Quality From Pre-Sorted And Baled Municipal Solid Waste With High Organic And Moisture Content*. Waste Management. Vol.22, 269-282

Faiqun, M. Ni'am1, Fadil Othman, Johan Sohaili , Zulfa Fauzia ; (2007) , *Removal Of Cod And Turbidity Using Electrocoagulation Technique*. The Malaysian Journal Of Analytical Sciences, Vol 11, No 1 (2007):198-205

Feng, C N.Sugiura, S.Shimada, T.Maekawa, (2003) *Development of A High Performance Electrochemical Wastewater System*, J.Hazard Materb103, 65-78

Frogie, D.J.L. (1988) *Selection of the Most Appropriate Leachate Treatment Methods Part 3; a Decision Model for Treatment Train Selection*. Water Pollution Resources Journal Canada, 23 (3), 342-355

Gerard Kiely. (1998). *Enviromental Engineering*. Irwin/Mcgraw-Hill International Editions, P 623

Ghazali, A.W., Nasir, M.H. Dan Muda, A (1997) *Domestic and Commercial Waste: Present And Future Trends*. State Of Enviromental in Malaysia. Penang, Malaysia: Consumers Association Of Penang



PT TAAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Goodman, A.S. (1998) *Water Supply*. Grolier Multimedia Encyclopedia, Grolier Interactive Inc. Danbury, USA

Gould, J.P., Cross, W.H. Dan Pohland, F.G. (1989) *Emerging Technologies In Hazardous Waste*, Inc. Danbury, Usa

Gregor, J.E., Nokes, C.J. Dan Fenton, E.(1997) *Optimising Natural Organic Matter Removal From Low Turbidity Waters By Controlled Ph Adjustment Of Aluminum Coagulation*. Water Resources. Vol.31 (12), 2949-2958

Gregory, J. (1989) *Fundamentals Of Flocculation*. Critical Reviews In Environmental Control. Vol. 19(3), 185-230

Gupta, B.S. Dan Hashim, M.A. (1996) *Coagulation And Flocculation; In Water Treatment Plants* (Edited By Sastry, C.A.). Narosama Publishing House, New Delhi

Han M, Song J, Kwon A. (2002) *Preliminary Investigation of Electrocoagulation as a Substitute for Chemical Coagulation*. J Of Water Supply, 2002; **2(5-6)**:73-76

Hamann Jr., C.L., Mcewen, J.B. Dan Myers, A.G. (1990) *Guide To Selection Of Water Treatment Process: In Water Quality And Treatment* (Edited By Pontius, F.W.), 4th Ed., McGraw-Hill, New York

Harrington, D.W. Dan Maris, J.P. (1986) *The Treatment Of Leachate: A UK Perspective*. Water Pollution Control. Vol. 85,45-56

Héctor Alvarez-Vazquez, Bruce Jefferson, Simon J Judd\* (2004) *Membrane Bioreactors Vs Conventional Biological Treatment of Landfill Leachate: A Brief Review*. Journal Of Chemicaltechnology And Biotechnology, Vol.79 1043-1049



PT TAAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUN AMINAH

Henry, J.G Dan Henkie, G.W. (1996) *Enviromental Scince And Engineering*. 2<sup>nd</sup> Ed. New Jersy:Practice Hall

Hering, J.G., Chen, P.J., Wilkie, J.A. Dan Elimelech, M. (1997) *Arsenic Removal from Drinking Water during Coagulation*. Journal of Enviromental Engineering. Vol. 123(8), 800-808

Holt, P. K., Barton, G. W. And Mitchell, C. A. (1999) *Electrocoagulation As A Wastewater Treatment*. In The Third Annual Australian Environmental

Holt, P. K., Barton, G. W., Wark, M. And Mitchell, C. A. (2002) *A Quantitative Comparison between Chemical Dosing and Electrocoagulation. Colloids And Surfaces A: Physiochemical And Engineering Aspects*, 211 (2-3) 233-248 Engineering Research Event (Eds, Considine, R., Low, S. L. And Mol, S.) Eere Organising Team, Castlemaine, Victoria, Pp. M: 41-46

Holt, P.K., Barton, G. W., and Mitchell, C. A. (2005). *The Future For Electrocoagulation As Localised Water Treatment Technology*. Chemosphere, 59: 355 – 367

Holt, P.K., Barton and Mitchell, C. A. 2006. *The Third Annual Australian Enviromental Engineering Research Event*. 23-26 November 23-26

Holt, Geoffrey Barton, Cynthia Mitchell, (2009) *Electrocoagulation As A Wastewater Treatment*, The Third Annual Australian Environmental Engineering Research Event. 23-26

Hui, C.Y Et Al., (2003) *Effect of Co-Existing Anions On Fluoride Removal In Electrocoagulation (Ec) Process Using Aluminum Electrode*, Water Research 37, 4513-4523



Hutnan , M. Drtil, A. Kalina, (2006) *Anaerobic Stabilisation Of Sludge Produced During Municipal Wastewater Treatment By Electrocoagulation* ,Journal Of Hazardous Materials B131,163–169

Hyun Kim, T Et Al.,(2002) *Decolorization Of Disperse And Reactive Dyes By Continuous Electrocoagulation Process*, Desalination 150(2002)165-175

Ilhan, Fatih, Ugur Kurt 1, Omer Apaydin 2, M. Talha Gonullu 3 (2007) *Treatment Of Leachate By Electrocoagulation Using Aluminum And Iron Electrodes*, Yildiz Technical University, Environmental Engineering Department, 34349 Istanbul, Turkey Journal Of Hazardous Materials 154 (2007) 381–389

Inan, H A. Dimoglo, H.Simsek, M.Karpuzcu, (2004) *Olive Oil Mill Wastewater Treatment By Means Of Electrocoagulation*, Separate.Purif. Technol.36, 23-31.

Inanc. B, B. Calli And A. Saatci' (2000) *Characterization And Anaerobic Treatment Of The Sanitary Landfill Leachate In Istanbul*, Water Science And Technology Vol 41 No 3 Pp 223–230 © Iwa Publishing 2000

Im, J.H., Woo H.J., Choi, M.W., Han, K.B., C.W. (2001) *Simultaneous Organic And Nitrogen Removal From Municipal Landfill Leachate Using An Anaerobic-Aerobic System*. Water Research. Vol. 35(10), 2403-2410

Jewel A.G. Gomesa, Praveen Daida A, Mehmet Kesmez A, Michael Weir A, Hector Morenoa, Jose R. Parga B, George Irwin C, Hylton Mcwhinney D, Tony Grady D, Eric Peterson A, David L. Cocke A,\* (2007) *Arsenic Removal By Electrocoagulation Using Combined Al-Fe Electrode System And Characterization Of Products*, Journal Of Hazardous Materials B139,220–231

Jinming Duana, John Gregoryb,\* (2003) *Coagulation By Hydrolysing Metal Salts*, *Advances In Colloid And Interface Science*, 100 –102 (2003) 475–502



PTTA UTM  
PERPUSTAKAAN TUNGKUPAT AMINAH



Jokela, J.P.Y., Kettunen, R.H., Sormunen, K.M. Dan Rintala, J.A. (2002) *Biological Nitrogen Removal from Municipal Landfill Leachate: Low Cost Nitrification In Biofilters And Laboratory Scale In-Situ Denitrification*. Water Research. Vol.36, 4079-4087

Kam, S.K. Dan Gregory, J. (2001) *The Interaction Of Humic Substances With Cationic Polyelectrolytes*. Water Research. Vol. 35(15), 3557-3566

Kang, K.H. Shin, H.S., Park, H. (2002). *Characteristic Of Humic Substances Present In Landfill Leachates With Different Landfill Ages And Its Application*. Wat.Res.36 (16), 4023-4032

Kargi, F. Dan Pamukoglu, M.Y. (2004a) *Adsorbent Supplemented Biological Treatment of Pre-Treated Landfill Leachate By Fed-Batch Operation*. Bioresources Technology. Vol. 94, 285-291

Kargi, F. Dan Pamukoglu, M.Y. (2004b) *Repeated Fed-Batch Biological Treatment On Pre-Treated Landfill Leachate By Powdered Active Carbon Addition*. Enzyme Microb. Technol. Vol. 34, 422-428

Kathiravalea S, Yunusa M, Sopianb K Samsuddin A, (2003) *Modeling The Heating Value Of Municipal Solid Waste*, Fuel, 82, 1119–1125

Kettunen, R. (1997) *Treatment Of Landfill Leachates By Low-Temperature Anaerobic And Sequential Anaerobic-Aerobic Process*. Doctoral Thesis, Publication 206, Tampere University Of Technology, Tampere, Finland

Kim, Y.T., Schwartz, A., Blum, J. & Weksler, M.E. (1979) *The Plaque-Forming Cell Response Of Human Blood Lymphocytes. I. Pfc Response Of Lymphocytes To Formalin-Treated Staphylococci*. Cell. Immunol. 48, 308



Kim, T.K., Perk's, Shin.E.B., Kim,S., (2002). *Dechlorization Of Disperse And Reactive Dyes By Continuous Electro Coagulation Process*, Desalination, **150**: 165-175

Kim. T. H., Park. C., Lee. J., Shin. E. B. And Kim. S.,(2002) “*Pilot Scale Treatment Of Textile Wastewater by Combined Process (Fluidized Biofilm Process- Chemical Coagulation– Electrochemical Oxidation)*”, Wat. Res. 36, 3979-3988

Kim,D.J., Lee, D.I. Dan Keller, J. (2006) *Effect Of Temperature And Free Ammonia On Nitrification And Nitrate Accumulation In Landfill Leachate And Analysis Of Its Nitrifying Bacterial Community By Fish*. Bioresources Technology. Vol. 97(3), 459-468

Komilis, D.P., Ham, R.K., Stegmann, R., (1999) *The Effect Ofmunicipal Solid Waste Pretreatment On Landfill Behavior: A Literature Review*. Waste Management and Research 17, 10–19.

Kreith F. (1994) *Handbook Of Solid Waste Management*, Mcgraw-Hill, Inc.

Langlais, B., Reckhow, D.A. & Brink D.R.(Editor) (1991) *Ozone In Water Treatment: Alication And Engineering*. Chelsea, Mi: Lewis Publishers, Inc.

Krumpelbeck, I. Ehrig, H.J. (1999) *Long-Term Behavior Of Municipal Solid Waste Landfills In Germany*. Sardina 99, Seventh International Landfill Symposium, 4-8 October. Cagliari, Italy, Cisa (Enviromental Sanitary Center), Cagliari, Italy. 1(5). 27-36

Kurniawan, T.A., Lo, W.H. Dan Chan, G.Y.S. (2005a) *Removal Of Recalcitrant Organic Compounds From Stabilized Landfill Leachate Using A Combination Of*

*Ozonation And Gac Adsorption*. Proceeding Of The 17<sup>th</sup> Ioa World Congress, Starsbourg, France, 22-25 August

Kurniawan, T.A., Li,L., Lo, W.H. Dan Chan, G.Y.S. (2005b) *Removal Of Recalcitrant Organic Compound From Stabilized Landfill Leachate Using A Hybrid Of Ammonium Stripping And Gac Adsorption*. Proceedings Of The International Water Conference, Orlando, Usa, 9-13 Oct.

Koether M.C., Deutschman J.E. & Vanloon G.W. (1997) *Low-Cost Polymeric Aluminum Coagulant*. Journal Of Environmental Engineering, Vol.123 (9), Pp 859-864.

Kobaya, Demircioglu, M., Ersiiz, E., Kurucaovali, I., (2002) *Removal Of Calcium And Magnesium Hardness By Electrodialysis*, Desalination, 149: 343-349

Kobya, M., O.T. Can, M. Bayramoglu, (2003), *Treatment Of Textile Wastewaters By Electrocoagulation Using Iron And Aluminum Electrodes*, J. Hazard. Mater. B100, 163-178

Kobaya, M. Demirbas, E, Can O.T., Bayramoglu, M, (2005) *Treatment Of Levafix Orange Textile Dywe Solution By Electrocoagulation*, Journal Of Hazard Matter 89 183-188

Kobaya, H. Hiz, E. Senturk, C. Aydinler, E. Demirbis, (2006) *Treatment of Potato Chips Manufacturing Wasterwater by Electrocoagulation*, Desalination 190, 201-211

Kumar, P. R., S. Chaudhar, K. Khilar, And C. Mahajan. (2004). *Removal Of Arsenic From Water By Electrocoagulation*. Chemosphere. 55: 1245 – 1252



PTTA UTM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Kylefors, K., Andreas, L. Dan Lagerkvist, A, (2003) *A Comparison Of Small-Scale, Pilot-Scale And Large-Scale Tests For Predicting Leaching Behavior Of Landfilled Wastes*. Waste Management Vol.23(1), 45-59

Labanowski, J V. Pallier, G. Feulliade-Cathalifaud. (2010) *Study Of Organic Matter during Coagulation And Flocculation And Electrocoagulation Process: Application To Stabilized Landfill Leachate*. Journal 179, 166-172

Lai Cl, Lin Sh. (2004) *Treatment Of Chemical Mechanical Polishing Wastewater By Electrocoagulation: System Performances And Sludge Settling Characteristics*. J Of Chemosphere; 54(3):235-42

*Laporan Rancangan Malaysia Kesembilan* (2005), Malaysia

Lartiges, B.S., Denuex-Mustin, S., Villemin, G., Mustin, C., Barres, O., Chamerois, M., Gerard, B. Dan Babut, M. (2001) *Composition Structure And Size Distribution Of Suspended Particulates From The Rhine River*. Water Research. Vol. 35(3), 808-816.

Lee Hooi Boon, (2011), *Wajib Asing Sampah Pada 2013*, Utusan Malaysia, Muka 15

Lee, S.Y. (1991) *The Flocculation of Charge Particles In Aqueous Solutions By Cationic Polyelectrolyte*. Phd Thesis, University College London, England

Lee, G.F., Jones, R.A. Dan Ray, C. (1993) *Geosynthetic Liner System For Municipal Solid Waste Landfills: An Inadequate Technology For Protection Of Groundwater Quality*. Waste Management And Research. Vol. 11(4), 354-360



PT TAAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Lema, J.M, Mendez, R. Dan Blazquez, R. (1998) *Characteristic Of Landfill Leachate And Alternatives For Their Treatment: A Review*. Water, Air And Soil Pollution. Vol.40, 233-250

Li, X.Z. Dan Zhao, Q.L. (1999) *Inhibition of Microbial Activity Of Activated Sludge By Ammonia In Leachate*. Environ. Int. Vol.25, 961-968

Lin, S.H., Peng, C.F., 1994. *Treatment Of Textile Wastewater By Electrochemical Method*. Wat. Res. 28, 277–282.

Lin, S. H., Shyu, C. T., And Sun, M. C. (1998). *Saline Wastewater Treatment By Electrochemical Method*. Water Research, 32 (4): 1059 – 1066.

Lin, S.H. M.L.Chen,(1997) *Treatment Of Textile Wastewater By Electrochemical Method For Reuse*, Water Res.31 9,868-876

Ling.W, Chou, Zchih-Ta Wang, Shih-Yu Chang. (2008) *Study Of Cod And Turbidity Removal From Real Oxide-Smp Wastewater By Iron Electrocoagulation And The Evaluation Of Specific Energy Consumption*. Journal 168, 1200-1207

Lina, M.O., Rem, L., Jean-Francois, B Dan Robert, H. (2007) *Treatment Of An Acidic Leachate Containing Metal Ions By Nanofiltration Membranes*. Separations And Purification Technology. Vol.54 (3), 306-314

Lu, J.C.S. Elchenberger, B. Dan Stears, R.J. (1985) *Leachate From Municipal Landfills, Production And Management*. Noyes Pub.Park Ridge

Lu X., Chen Z. & Yang X. (1999) *Spectroscopic Study Of Aluminum Speciation In Removing Humic Substances By Al Coagulation*. Wat.Res. 33 (15), 3271-3280



PT TAAU THM  
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS TUNJUNG AMINAH

Lu, J.C.S., Elchenberger, B. Dan Stearns, R.J. (1985) *Leachate From Municipal Landfills, Production And Management*. Noyes Pub. Park Bridge

Lu, X., Chen, Z. Dan Yang, X. (1999) *Spectroscopic Study Of Aluminum Speciation In Removing Humic Substances By Al Coagulation*. Water Res. Vol. 33(15), 3271-3280

Lopez, A., Pagano, M., Volpe. A. Dan Dipinto, A.C. (2004) *Fenton's Pre-Treatment of Mature Landfill Leachate*.Chemosphere. Vol. 54, 1005-1010

Malakootian, M. H.J. Mansoorian, M. Moosazadeh, (2010) *Performance Evaluation Of Electrocoagulation Process Using Iron-Rod Electrodes For Removing Hardness From Drinking Water.*, 67-71 Journal 255

Malakootian, M. Yousefi ,(2009) *The Efficiency Of Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes In Removal Of Hardness From Water*, Iranian Journal Of Environmental Health Science & Engineering,6(2) : 131-13

Martínez-Villafa J.F. ,Ne\*, C. Montero-Ocampo, A.M. García-Lara, (2009) *Energy And Electrode Consumption Analysis Of Electrocoagulation For The Removal Of Arsenic From Underground Water*, Journal Of Hazardous Materials 172,1617–1622

Mameri, N., Yeddou, A. R., Lounici, H., Belhocine, D., Grib, H. And Bariou, B. (1998) *Defluoridation Of Septentrional Sahara Water Of North Africa By Electrocoagulation Process Using Bipolar Aluminium Electrodes*. Water Research 32 (5), 1604-1612

Mackenzie Davis, Cornwell (1998), Third Edition. *Introduction To Enviromental Engineering* P 286 .Irwin/Mcgraw-Hill International Editions

Marhaba, T.F. Dan Pipada, N.S. (2000) *Coagulation: Effectiveness In Removing Dissolved Organic Matter Fractions*. Environmental Engineering Science. Vol. 17(2), 107-115

Matteson, M. J., Dobson, R. L., Glenn, R. W. J., Kukunoor, N. S., Waits, W. H. I. And Clayfield, E. J. (1995) *Electrocoagulation and Separation Of Aqueous Suspensions*

Mato, R. R. A. M., & Kaseva, M. E. (1999). *Critical Review of Medical Waste Practices in Dar Es Salaam City*. Resource Conservation and Recycling, 25(3-4), 271-287

Macbean, E.A., Rovers, F.A. Dan Farquhar, G.J. (1995). *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. 1<sup>st</sup> Ed, New Jersey: Prentice Hall Tr. Inc.

Maris, P.J. Dan Harrison, D.W. (1984) *Leachate Treatment with Particular Reference to Aerated Lagoons*. Wat. Pollut. Control. Vol.83 (4), 521-538

Metcalf Dan Eddy (1991) *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. Mcgraw-Hill. International Edition

Michael Quinion, (1996-2012) *Aluminum versus Aluminum World Wide Words Is Copyright,*

Miller, W.L., Townsend, T., Earle, J., Lee, H Dan Reinhard, D.R. (1994) *Leachate Recycle And The Augmentation Of Biological Decomposition At Municipal Solid Waste Landfills*. Presented At The Second Annual Research Symposium. Florida Center for Solid And Hazardous Waste Management, Tampa



PT TAAU  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUNJAL AMINAH



Mollah, M.Y.A., R. Schennach, J.P. Parga, D.L. Cocke, (2001), *Electrocoagulation (Ec)-Science and Applications*, J. Hazard. Mater. B84, 29–41.

Mollah, M.Y.A., Morkovsky, P., Gomes, J.A.G., Kesmez, M., Parga, J. And Cocke, D.L. (2004). *Fundamentals, Present And Future Perspectives Of Electrocoagulation*. J. Hazard. Mat., B114, 199–210

Morawe, B., Ramteke, D.S. Dan Vogelpohl, A. (1995) *Activated Carbon Column Performance Studies of Biological Treated Landfill Leachate*. Chemical Engineering And Processing, Vol. 34, 299-303

Mouedhen, G. M. Feki, M. De Petris Wery, H.F. Ayedi. (2008) *Behavior of Aluminum Electrodes in Electrocoagulation Process*. Journal of Hazardous Material 150, 124-135

Muhammad H.A.M, Abuzaid N.S. & Aarif H.A.M (1998) *Coagulation Of Polymeric Wastewater Discharged By A Chemical Factory*. Wat. Res. 33, No.2, 521-529

Naoyuku, K., Takahiro, N., Masamichi, A., Makato, A., Masato, Y. Dan Yoshiro, O. (2008) *Ozonation Combined With Electrolysis 1,4-Dioxane Using Two-Compartment Electrolytic Flow Cell With Solid Electrolyte*. Water Research. Vol. 42(1-2), 379-385

Nathalie, M., Patrick, D., Camille, M., Robert, H., Guy, M. Dan Jean-Francois, B. (2006) *Comparison Between Electrocoagulation And Chemical Precipitation For Metal Removal From Acidic Soil Leachate*. Journal Of Hazardous Material. Vol. 137 (1), 581-590

Novella, P. Dan Robinson, H.D. (2003) *Vissershok Leachate Plant: A First For South Africa*. Waste Management. 9-11



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Ozturk, I., Altinbas, M., Koyuncu, I., Arikan, O. Dan Gomec-Yangin, C. (2003) *Advance Physco-Chemical Treatment Experiences On Young Municipal Landfill Leachates*. Waste Management. Vol.23, 441-446

Ozturk, I. Dan Bektas, T.E. (2004) *Nitrate Removal From Aqueous Solution By Adsorption Onto Various Materials*. Journal Of Hazardous Materials. 112, 155-162

Paul N. Cheremisinoff, (1995) , *Waste Minimization And Cost Reduction For The Process Industries*

Perbadanan Pengurusan Sisa Pepejal Dan Pembersihan Awam- Wwv.Alamflora Sdn. Bhd.

Peavy, H.S., Rawe, D.R. Dan Tchobanoglous, G/ (1985) *Environmental Engineering*. Mcgraw-Hill Book Company, Singapore

Pletcher, D. F.C Walsh, *Industrial Electrochemistry*, 2<sup>nd</sup> Ed. Chapman and Hall, London, UK, 1990

Pohland F.G.,Haper, S.R.,Chang, K.C, Dertien, J.T. Dan Chian, E.S.K (1985) *Leachate Generation And Control At Landfill Disposal Sites*. Water Pollution Resources Journal Canada, 20(3), 10-24

Pouet, M.F. And A. Grasmick, (1995), *Urban Wastewater Treatment By Electrocoagulation And Flotation*, Water Sci. Technol. 31, 275–283.

Poznyak, T.G., Bautista, L., Chairez, I.R., Cordova, I. Dan Rios, E. (2008) *Decomposition Of Toxic Pollutants In Landfill Leachate By Ozone After Coagulation Treatment*. Journal of Hazardous Materials Vol.152 (3), 1108-1114



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUN AMINAH

Przhegorlinskii, V I ,Ivanishvili, A I , Grebenyuk, V D,(1987) *Dissolution Of Aluminum Electrodes In Electrocoagulation Water Treatment* Khim. Tekhnol. Vody. Vol. 9, No. 2, Pp. 181-182

Qian Jiang Et Al., (2008) *Laboratory Study Of Electrocoagulation Floatation For Water Treatment*, Water Research 36, 914-921

Rahmani Ar. (2008) *Removal of Water Turbidity By The Electrocoagulation Method*. J Res Health Sci, Vol. 8, No. 1, Pp. 18-24

Raymond L.S. (2006) *Ground Water Contaminated*, New York State Water Resources Institute, Cornell University

Rebhun,M. M.Lurie, (1993) *Control Of Organic Matter By Coagulation And Floc Separation*, Water Sci.Technol.27,1-20

Reynolds, T.M. Dan Richards, P.A. (1996) *Unit Operation and Process In Environmental Engineering Boston*. Pws Publishing Company

Reinhart, D.R. Dan Grosh, C.J. (1998) *Analysis Of Florida Landfill Leachate Quality. Florida Centre For Solid And Hazardous Waste Management*, Report 97-3

Revans, A., Ross, D., Gregory, B., Meadows, M., Harries, C. Dan Gronow, J. (1999) *Long Term Fate Of Metals In Landfills*. Sardina 99, 7<sup>th</sup> International Waste Management And Landfill Symposium, 4-7 Oct. Vol. 1,199-206

Reza Katal, Hassan Pahlavanzadeh (2011) *Influence of different combinations of aluminum and iron electrode on electrocoagulation efficiency : Application to the treatment of paper mill wastewater*, Desalination 265 (2011) 199-205

Rivas, F.J., Beltran, F., Gimeno, O., Acedo, B. Dan Carvalho, F. (2003) *Stabilized Leachates: Ozone-Activated Carbon Treatment And Kinetics*. Water Research. Vol.37, 4823-4834

Robinson, H.D. (1996) *State Of The Art Leachate Treatment Scheme For Gloucester*. Waste Management. 32-35

Robinson, H.D. (1995a) *A Review Of The Compositionof Leachate From Domestic Wastes In Landfill Sites*. A Report For The Uk Department Of The Enviroment. Reference: Deo918a/Fri

Robinson, H.D. (2000) *Leachate Treatment At The New Arthurstown Landfill Site In Dublin*. Wastes Management. 40-41

Rodriguez, J.Castrillon, L., Maranon, E., H. Dan Fernandez, E. (2004) *Removal of Non-Biodegradable Organic Matter From Landfill Leachate By Adsorption*. Water Research. Vol. 38, 3297-3303

Rosie Jotin, Shahrin Ibrahim dan Normala Halimoon. (2012) *Electro coagulation for removal of chemical oxygen demand in sanitary landfill leachate*. International Journal Of Enviromental Scince, Volume 3, No. 2.

Salim Zodi, Oliver Potier, Francois Lapicque, Jean-Pierre Leclerc, (2009) *Treatment Of Textile Wastewaters By Electrocoagulation: Effect Of Operating Parameter On The Sludge Settling Characteristic, Seperation And Purification Technology* 69 29 -36

Salim, M. Alaadin A.Bukhari, Muhammad Noman Akram,(2011) *Electrocoagulation For The Treatment Of Wastewater For Reuse In Irrigation And Plantation*, Journal Of Basic And Applied Sciences Vol. 7, No.1,11-20

Santha Chenayah And Eiji Takeda, *Promethee Multicriteria Analysis For Evaluation Of Recycling Strategies In Malaysia*, Discussion Papers In Economics And Business, Discussion Paper 05-01, Graduate School Of Economics And Osaka School Of International Public Policy (Osipp), Osaka University, Toyonaka, Osaka 560-0043, (2005)

Senior E. (1995) *Microbiology of Landfill Sites*. Lewis Publishers. Sletten, R.S.,

Sheng, H.L, F.P. Chi, (1994) *Treatment Of Textile Wastewater By Electrochemical Method*, Water Research 28(2),277-282

Siddiqui, M.Z., Everett, J.W., Vieux, B.E., 1996. *Landfill Siting Using Geographic Information Systems: A Demonstration*. Journal Of Environmental Engineering 122, 515–523

Sletten, R.S., Benjamin, M.M., Horng, J.J. & Ferguson, J.F. (1995) *Physical-Chemical Treatment Of Landfill Leachate For Metals Removal*. Wat. Res., 29 (10), 2376-2386

Smith, J.W., Moore, L.W. Dan Sabatini, D.A. (1986) *Biological Treatment of Simulated Landfill Leachate Containing Chlorine*, 18<sup>th</sup> Mid-Atlantic Ind. Waste Conference, Blacksburg

Smidt, E. Dan Lechner, P. (2005) *Study on the Degradation and Stabilization Of Organic Matter In Waste By Means Of Thermal Analyses*. Thermochemica Acta. Vol. 438 (1-2), 22-28

Song, J. Yao,Z.He,J.Qiu,J.Chen, (2008) *Effect Of Operational Parameters On The Decolonization Of C.I Reactive Blue 19 Aqueous Solution By Ozone-Enhanced Electrocoagulation*, Journal Of Hazardous Materials 152, 204–210



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Sothorn Waste Management Sdn.Bhd. (2005), *Clean Enviromental for Healthy Living The Better*, Waste Management Company

*Standard Method For The Examination Of Water And Wastewater* (Apha, 2005)

Stegmann, R., Christensen, T.H. Dan Cossu, R. (1992) *Landfill Leachate: An Introduction In: Landfilling Of Waste: Leachate* (Christensen, T.H., Cossou,R., Stegmenn, R. Eds.), Elsevier Applied Scince, London & New York

Stegmenn, I.K.R., Norbu,C.V.T., Gadia, R.C.R.,Awang,M.,Abdul Aziz,A.,Hassan, M.N., Chong, T.L. Dan Ming,C.T. (2007) *Solid Waste Management In Asia, E-Book (Teaching And Training Modules For Higher Education In The Waste Management Sector)*. Published By Tuhh, Hamburg University Of Technology, Institue Of Waste Resources Management, Germany

Tabet, K Ph. Moulin, J.D. Vilomet, A. Amberto, F. Charbit, Purification Of *Landfill Leachate Eighth Membrane Processes: Preliminary Studies For An Industrial Plant*, Separat. Sci. Technol. 37 (2002) 1041–1063

Tatsi, A.A. Dan Zaboulis, A.I. (2002) *A Field Investigation of The Quantity And Quality Of Leachates From A Municipal Solid Waste Landfill In A Mediterranean Climate*. Adv. Environ. Res. 6,207-219

Tatsi, A.A., Zouboulis, A.I., Matis, K.A. & Samaras, P. (2003) *Coagulation-Flocculation Pretreatment of Sanitary Landfill Leachates*. Chemosphere, 53, 737-744

Tchobanoglous, G., Theisen, H. Dan Vigil, S.A. (1993) *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues*. International Edition New York: Mcgraw Hill Inc.



PTTA UTM  
PERPUSTAKAAN TUNKU ABDUL RAHMAN

Tillman, G.M. (1996) *Water Treatment: Troubleshooting And Problem Solving*. Virginia. Lewis Publishers.

Thomas, B., Tamblyn, D., Baetz, B., 1990. *Expert Systems In Municipal Solid Waste Management Planning*. Journal Of Urban Planning And Development 116, 150–155.

Thomas, A.P (1998) *Purification Of Landfill Leachate With Reverse Osmosis And Nanofiltration*. Desalination. Vol 119(1-3), 289-293

Thirumurthi, D. (1991) *Biodegradation Of Sanitary Landfill Leachate*. In *Biological Degradation Of Waste*. Elsevier. New York

Trebouet, D., Schlumpf, J.P., Jaouen, P. & Quemeneur, F. (2001) *Stabilized Landfill Leachate Treatment By Combined Physico-Chemical-Nanofiltration Processes*. Wat. Res., 35, 2935-2942

Tsai, C.T., S.T. Lin, Y.C. Shue, P.L. Su, (1997), *Electrolysis Of Soluble Organic Matter In Leachate From Landfills*, Water Res. 31, 3073– 3081

Tyrell, S.F. Leeds-Harrison, P.B. Dan Harrison, K.S. (2002) *Removal Of Ammonical Nitrogen From Landfill Leachate By Rogation Into Vegetated Treatment Plant*. Water Research. Vol.36, 291-299

Ugurlu, M., (2004). *The Removal Of Some Inorganic Compounds From Paper Mill Effluents By The Electrocoagulation Metod*. G.U.J.Science 17 (3),85-99

Un, U.T. S.Ugur, A.S Koparal, U.B Ogutveren, *Electrocoagulation Of Olive Mill Wastewater*, Separat. Purify. Technol.52 (2006)136-141



PTTA UTM  
PERPUSTAKAAN TUN AMINAH



Urase, T., Salequzzaman, M., Kobayashi, S., Matsuo, T., Yamamaoto, K. Dan Suzuki, N. (1997) *Effect Of High Concebtration Of Organic And Inorganic Matters In Landfill Leachate On The Treatment Of Heavy Of Metals In Very Low Concentration Level*. Water Science Technology. Vol. 36, 349-356

Uygur, A. Dan Kargi, F. (2004) *Biological Nutrient Removal from Pre-Treatment Landfill Leachate in A Sequencing Batch Reactor*. Journal Of Enviromental Managemen. Vol.71(1),9-14

Van Der Bruggen, B Et Al., (2001) *Application On Nanofiltration For Removal Pesticides Nitrate And Hardness From Ground Water: Rejection Properties And Economic Evaluation*, Journal Of Membrane Scince 193, 239-248

Vesilind, P.W., Peirce, J.J Dan Weiner, R.F. (1994) *Enviromental Engineering 3<sup>rd</sup> Ed.* Butterworth-Heinemann, Boston

Vesilind, P.A., Worrel, W. Dan Reinhart, D. (2002) *Solid Waster Engineering*. USA. Brooks/Cole

Vik, E. A., Carlson, D. A., Eikun, A. S. And Gjessing, E. T. (1984) *Electrocoagulation Of Potable Water*. Water Research 18 (11), 1355-1360

Wang, Z.P., Zhang, Z., Lin, Y.J., Deng. N.S., Tao, T. & Zhuo, K. (2002) *Landfill Leachate Treatment by A Coagulation-Photooxidation Process*. J. Hazardous Mater, 95 (1/2), 153-159

Wang, F., Smith, D.W. Dan El-Din, G.M. (2003) *Application Of Advance Oxidation Method For Landfill Leachate Treatment – A Review*. J. Environ. Eng. Sci., 2, 413-427



PT TAAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Wassay, S.A., Barrington, S. Dan Tokunaga, S. (1999) *Effiency Of Gac For Treatment Of Leachate From Soil Washing Processs. Water, Air and Soil Pollution*. Vol. 116, 449-460

Wenzel, A., Ghar, A. Dan Niessner, R. (1998) *Toc Removal And Degradation Of Pollutants In Leachate Using A Thin-Film Photoreactor*. Water Research. Vol. 33(4), 937-946

Wiszniewski, J., Surmacz-Gorska, J., Robert, D. Dan Weber, J.V. (2007) *The Effect Of Landfill Leachate Composition On Organics And Nitrogen Removal In An Activacted Sludge System With Bentonite Additive*. Journal Of Enviromental Management. Vol.85 (1), 59-68

Wu, J.J., Wu, C.C., Ma, H.W. Dan Chang, C.C (2004) *Treatment of Landfill Leachate By Ozone-Based Advanced Oxidation Process*. Chemosphere. Vol. 54, 997-1003

Ying, W.C., Bonk, R.R., Lloyd, V.J Dan Sojka, and S.A (1986) *Biological Treatment Of Landfill Leachate In Sequencing Batch Reactors*. Enviromental Progress. Vol.5, 41-50

Zayas,T. Percino, M.J., Cardoso, J. Dan Chapela, V.M. (2000) *Novel Water Soluble Polyelectrolyte With Arsenic Asid Group For Flocculation Application*. Polymer. Vol. 41(14), 5505-5512

Zawawi Daud, Hamidi Abdul Azizi Dan Mohd. Nordin Adlan, (2006b), *Effectiveness Of Polyamuminum Chloride (Pac) For The Removal Of Color And Cod From Semi-Aerobic Leachate*, Proceeding Of 2<sup>nd</sup> Southeast Asian Natural Resources And Enviromental Management Conference, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, 21-23 Nov. 2006



PT TAAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUN AMINAH

Zawawi Daud, Hamidi Abdul Azizi Dan Mohd. Nordin Adlan, (2007a) *Appropriate Combination Of Physical-Chemical Treatment (Coagulation-Flocculation And Filtration) For The Efficient Treatment Of Semi-Aerobic Leachate*, Proceeding Of International Conference On Natural Resources And Enviromental Management. Kuching Sarawak, Malaysia, 22-29 Nov. 2007

Zawawi Daud, Hamidi Abdul Aziz Dan Mohd. Nordin Adlan, (2007b) *Treatment Of Semi-Aerobic Leachate By Combined Coagulation-Flocculation And Filtration Method*, Proceeding Of International Congress Of Environmental Research, Bhopal, India, 27-30 Dis. 2007

Zhu, Y. D.Lu, Y.Zhang, Jlin, M.Lin, (1991) *The Study Of Electrolysis Coagulation Process Using Insolubels Anodes For Treatment Of Printing And Dyeing Wastewater*, Water Treat. 6 ,227-236

Zolotukhin, I.A., (1989). *A Pilot-Scale System for Treatment of Mine Water by Electrocoagulation- Flotation*. Khimiya I Tekhnologiya Vody (Soviet. J. Water Chem. Technol.) 11 (2), 147-151

Zouboulis, A.I., Chai, X.L. Dan Katsoyiannis, I.A. (2004) *The Application Of Bioflocculant For The Removal Of Humic Acids From Stabilized Landfill Leachates*. Journal Of Enviromental Management

Zouboulis, A.I., Loukidou, M.X. Dan Christodoulou, K. (2001) *Enzymatic Treatment of Sanitary Landfill Leachate*. Chemosphere. Vol.44, 1103-1108



PTT AUTUM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH